

**ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES DE LA
MINA DIDÁCTICA DEL CENTRO NACIONAL MINERO SENA – REGIONAL
BOYACÁ.**

HILDA MARY ORTIZ ROJAS

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
SEDE SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MINAS
OCTUBRE DE 2014**

**ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES DE LA
MINA DIDÁCTICA DEL CENTRO NACIONAL MINERO SENA – REGIONAL
BOYACÁ.**

HILDA MARY ORTIZ ROJAS

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en Minas
Modalidad: Monografía**

PROYECTO DE EXTENSIÓN SOCIAL

**DIRECTOR
JAIME WILLIAM JOJOA MUÑOZ
Ingeniero en Minas**

**CODIRECTOR
JOSE TEÓFILO LÓPEZ
Ingeniero en Minas**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
SEDE SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MINAS
OCTUBRE DE 2014**

Nota de Aceptación:


Firma del Director de Escuela


Firma del Director del Proyecto


Firma del Jurado


Firma del Jurado

Sogamoso, Octubre de 2014.

**“LA AUTORIDAD CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y
TECNOLOGICA DE COLOMBIA FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO,
RESIDE EN ELLA MISMA, POR LO TANTO NO RESPONDE A LAS OPINIONES
EXPRESADAS EN ESTE PROYECTO”**

**SE AUTORIZA LA REPRODUCCION DEL MISMO INDICANDO SU ORIGEN Y
SU AUTOR.**

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto, por derramar cada sus bendiciones sobre mí y en especial por la regalarme la sabiduría necesaria para completar con éxito mi formación como ingeniera en minas. De igual forma agradezco a mi familia y amigos quienes me brindaron todo su apoyo y me motivaron para seguir adelante en el desarrollo del proyecto sin importar las circunstancias.

Además agradezco a:

A SENA - Centro Nacional Minero - Regional Boyacá. Por brindarme la oportunidad de desarrollar el proyecto en sus instalaciones.

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Por brindarme la oportunidad de forme como profesional.

A José Teófilo López, Ingeniero en minas, Codirector del proyecto, por su colaboración y asesoría en el proyecto.

A Alirio Pinzón, Ingeniero en Minas, Asesor del proyecto, por su colaboración al momento de realizare el trabajo en campo.

A Jaime William Jojoa, Ingeniero en Minas, Director del proyecto, por dirigir, orientar y resolver todas las inquietudes sobre el proyecto.

A Wendy Muñoz Sarmiento, ingeniera de minas, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A Liliana Castro, estudiante ingeniera de minas, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A profesores y compañeros por su apoyo en todo momento en el transcurso de la elaboración del presente proyecto.

DEDICATORIA

Inicialmente a Dios por haberme regalado la oportunidad de formarme como ingeniera y culminar con éxito este escalón en mi proyecto de vida.

A mi padre José Manuel Ortiz Hernández, porque nunca ha dudado de mis capacidades, por su gran apoyo, compañía, confianza, por preocuparse por mi bienestar y porque de una u otra forma este también es parte de su sueño.

A mi querida madre Hilda Mary Rojas Rincón, por estar siempre a mi lado brindándome todo su apoyo de madre y por regalarme sus valiosos consejos.

A mis hermanos por motivarme día a día para salir adelante con sus palabras de aprecio y por todos esos momentos de apoyo y risa que me brindaban a pesar de que nos separaba una gran distancia.

A mis sobrinitas, María, Daniela y Salome, quienes en medio de su inocencia entendían mis angustias y me motivaban a seguir adelante.

A don Carlos Vargas por ser mi aliento en cada una de mis debilidades y por haberme regalado todas esas palabras de aprecio que incrementaban esas ganas de avanzar con mis sueños.

A Ader, Mauricio M. e Israel mis amigos incondicionales, Wendy M. Lilitiana Castro y a todas aquellas personas con las cuales he tenido la oportunidad de compartir momentos perdurables en mi vida.

HILDA MARY ORTIZ ROJAS.

TABLA DE CONTENIDO.

| | Pag. |
|---|------|
| RESUMEN. | 14 |
| INTRODUCCIÓN. | 15 |
| OBJETIVOS. | 16 |
| OBJETIVO GENERAL. | 17 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS. | 17 |
| 1. GENERALIDADES. | 17 |
| 1.1. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO. | 17 |
| 1.2. RASGOS FISIAGRÁFICOS. | 17 |
| 1.2.1. Hidrografía y fisiografía. | 19 |
| 1.2.2. Clima y vegetación. | 19 |
| 1.2.3. Distribución temporal de la precipitación. | 19 |
| 1.2.4. Topografía. | 19 |
| 2. GEOLOGÍA. | 20 |
| 2.1. GEOLOGÍA GENERAL. | 20 |
| 2.1.1. Estratigrafía. | 21 |
| 2.1.2. Geología estructural. | 22 |
| 2.2. GEOLOGÍA LOCAL. | 22 |
| 2.2.1. Geología Estructural y Tectónica. | 22 |
| 2.2.2. Estratigrafía. | 23 |
| 2.3. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO. | 23 |
| 2.3.1. Estratigrafía y Geología Estructural. | 23 |
| 2.3.2. Bloques y mantos explotables. | 24 |
| 2.3.2.1. Manto 5 y 6. | 24 |
| 2.3.2.2. Manto 4. | 25 |
| 2.3.2.3. Manto 3. | 25 |
| 2.3.2.4. Manto 2. | 25 |
| 2.3.2.5. Manto 1. | 25 |
| 2.4. RESERVAS DEL MATERIAL ÚTIL. | 25 |
| 2.4.1. CALIDAD MINERAL ÚTIL. | 26 |
| 3. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO. | 29 |
| 3.1. FAMILIAS DE DIACLASAS. | 29 |
| 3.2. ANÁLISIS DE LAS DISCONTINUIDADES. | 30 |
| 3.2.1. Espaciado. | 30 |
| 3.2.2. Estado de las fisuras. | 31 |
| 3.2.3. Presencia de agua. | 31 |
| 3.2.4. Orientación de las discontinuidades. | 31 |
| 3.2.5. Resistencia a la roca inalterada. | 31 |
| 3.2.6. Índice de calidad de la roca (RQD). | 31 |

| | |
|---|----|
| 3.2.7. Resistencia y deformabilidad del macizo rocoso. | 32 |
| 4. MINERÍA ACTUAL | 35 |
| 4.1. LABORES MINERAS. | 36 |
| 4.1.1. Labores de desarrollo | 36 |
| 4.1.2. Labores de preparación. | 39 |
| 4.1.3. Labores de explotación. | 43 |
| 4.2. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN | 47 |
| 4.2.1. Avance en diagonales. | 47 |
| 4.2.2. Dimensiones de la sección de la vía. | 47 |
| 4.2.3. Tareas realizadas en el frente de explotación. | 47 |
| 4.3. SERVICIOS A LA MINA | 48 |
| 4.3.1. Arranque. | 48 |
| 4.3.2. Cargue y transporte. | 49 |
| 4.3.3. Sostenimiento. | 50 |
| 4.3.4. Ventilación. | 52 |
| 4.3.5. Desagüe. | 53 |
| 4.3.6. Iluminación. | 60 |
| 4.3.7. Sistema de energía. | 60 |
| 4.3.8. Seguridad e higiene minera. | 61 |
| 4.4. INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES EN SUPERFICIE. | 61 |
| 4.5. EQUIPOS MINEROS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO. | 62 |
| 4.5.1. Equipos mineros utilizados en bajo tierra. | 62 |
| 4.5.2. Programa de mantenimiento. | 62 |
| 5. PROYECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN. | 66 |
| 5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN. | 66 |
| 5.1.1. Definición del método de explotación. | 66 |
| 5.1.2. Condiciones de aplicación del método. | 67 |
| 5.1.3. Ventajas del método. | 67 |
| 5.1.4. Desventajas del método. | 67 |
| 5.1.5. Criterio de selección del método de explotación. | 68 |
| 5.1.6. Elección del método de explotación. | 68 |
| 5.2. DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN. | 69 |
| 5.2.1. Dimensionamiento geométrico del bloque de explotación. | 69 |
| 5.2.2. Dimensionamiento geométrico del tajo. | 69 |
| 5.1. DENOMINACIÓN DEL TAJO. | 70 |
| 5.2. DESARROLLO DE LA EXPLOTACIÓN. | 70 |
| 5.4.1. Secuencia de explotación. | 71 |
| 5.4.2. Arranque. | 72 |
| 5.4.3. Descargue. | 72 |
| 5.4.4. Ciclo de avance de la explotación. | 73 |
| 5.4.5. Organización del frente de explotación. | 74 |
| 5.4.6. Producción. | 75 |
| 5.4.7. Relleno. | 75 |
| 5.5. SERVICIOS A LA MINA. | 76 |

| | |
|---|----|
| 5.5.1. Cargue y transporte de mineral. | 76 |
| 5.5.2. Sostenimiento. | 76 |
| 5.5.3. Ventilación. | 76 |
| 5.5.4. Aire comprimido. | 76 |
| 5.5.5. Desagüe. | 78 |
| 5.5.6. Iluminación. | 78 |
| 5.5.7. Seguridad e higiene minera. | 79 |
| 5.6. COSTOS DEL PROYECTO. | 79 |
| 6. ADMINISTRACIÓN DE LA MINA. | 80 |
| 6.1. SISTEMA ADMINISTRATIVO. | 80 |
| 6.2. ORGANIGRAMA DE LA MINA DIDÁCTICA DEL C.N.M. | 80 |
| 6.3. INVERSIÓN ACTUAL DE LA MINA. | 81 |
| 6.4. COSTO TOTAL DE LA MINA. | 84 |
| 6.5. POBLACIÓN BENEFICIADA | 84 |
| 6.5.1. Programas de formación. | 84 |
| 6.5.2. Actividades que desarrollan | 85 |
| 6.5.2.1. Actividades desarrolladas en el patio de la mina. | 85 |
| 6.5.2.2. Actividades desarrolladas en túnel 1 y túnel 2. | 85 |
| 6.5.2.3. Actividades desarrolladas en galerías y transversales. | 86 |
| 6.5.2.4. Actividades desarrolladas en tambores y diagonales. | 86 |
| 7. EVALUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL | 87 |
| 7.1. IMPACTOS AMBIENTALES Y CORRECTIVOS APLICADOS | 87 |
| 7.1.1. Físicos. | 87 |
| 7.1.2. Factores Biológicos | 88 |
| 7.1.3. Factor Social | 88 |
| CONCLUSIONES | 91 |
| RECOMENDACIONES | 92 |
| BIBLIOGRAFIA | 93 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. Localización mina Didáctica Centro Nacional Minero. SENA | 18 |
| Figura 2. Topografía del área de concepción de la mina Didáctica. SENA. | 19 |
| Figura 3. Diagrama de frecuencias. | 30 |
| Figura 4. Orientación de las familias de discontinuidades | 30 |
| Figura 5. Comportamiento del macizo rocoso en términos de esfuerzos principales. | 33 |
| Figura 6. Comportamiento del macizo rocoso en función de esfuerzos totales. | 34 |
| Figura 7. Ubicación de las BM. De los túneles en la topografía del terreno. | 35 |
| Figura 8. Sección de la vía Túnel 1. | 36 |
| Figura 9. Sección de la vía Túnel 2. | 38 |
| Figura 10. Sección de la vía Túnel 3. | 39 |
| Figura 11. Sección de la vía Galería 1. | 39 |
| Figura 12. Sección de la vía Galería 4. | 40 |
| Figura 13. Sección del área en las diagonales. | 42 |
| Figura 14. Sección de la vía Galería 2 Sur – 2G SUR. | 43 |
| Figura 15. Sección de la vía de la Galería 3 Norte – 3G NORTE. | 45 |
| Figura 16. Sección de la vía Galería 33. | 46 |
| Figura 17. Sección de la vía en las Diagonales | 48 |
| Figura 18. Tipos de Sostenimiento Mina Didáctica SENA. | 52 |
| Figura 19. Bloque diagrama del tajo corto con arranque por testers con relleno. | 67 |
| Figura 20. Dimensionamiento geométrico del bloque. | 69 |
| Figura 21. Dimensionamiento geométrico del tajo. | 69 |
| Figura 22. Esquema de las Franjas de explotación. | 71 |
| Figura 23. Método de explotación tajo corto con arranque con testers con relleno. | 72 |
| Figura 24. Descargue del mineral. | 73 |
| Figura 25. Ciclo de avance de la explotación. | 73 |
| Figura 26. Dimensiones de los testers. | 74 |
| Figura 27. Dimensiones de los cuadros de madera. | 77 |
| Figura 28. Dimensiones de los arcos de acero. | 78 |

LISTA DE CUADROS

| | Pag. |
|--|------|
| Cuadro 1. Coordenadas geográficas del área de estudio | 17 |
| Cuadro 2 Cálculo de las reservas medidas para los Mantos de carbón de la Mina | 26 |
| Cuadro 3 Resultados de laboratorio para las muestras de carbón. | 27 |
| Cuadro 4 Clasificación ASTM para los carbones. | 28 |
| Cuadro 5 Calidad de la roca. | 32 |
| Cuadro 6 Clasificación Geomecanica del macizo rocoso según el RMRM de | 34 |
| Cuadro 7 Aforos de ventilación Mina Didactica del SENA. | 54 |
| Cuadro 8 Determinación de las pérdidas primarias y secundarias de la tubería de conducción | 57 |
| Cuadro 9 Determinación del caudal, diámetro de la tubería y número de Reynolds. | 57 |
| Cuadro 10 Determinación de la cabeza neta de succión positiva de la Bomba. | 58 |
| Cuadro 11 Determinación de las pérdidas primarias y secundarias de la tubería de succión. | 58 |
| Cuadro 12 Determinación de la cabeza dinámica (ha) del sistema y mínima de la bomba. | 59 |
| Cuadro 13 Determinación de la potencia teórica requerida por el sistema. | 69 |
| Cuadro 14 Descripción del mantenimiento de los equipos. | 64 |
| Cuadro 14 Descripción del mantenimiento de los equipos. (Continuación). | 65 |
| Cuadro 15 Cálculo del dimensionamiento geométrico del tajo. | 70 |
| Cuadro 16 Denominación del tajo. | 70 |
| Cuadro 17 Ciclo de avance de la explotación. | 74 |
| Cuadro 18 Producción del tajo. | 75 |
| Cuadro 19 Costos de la inversión. | 78 |
| Cuadro 20 Inversión y costo de la mina. | 81 |
| Cuadro 21 Inversión actual en la mina. | 82 |
| Cuadro 22 Plan de modernización para la Mina. | 83 |
| Cuadro 23 Matriz de identificación de impactos | 90 |

LISTA DE FOTOS

| | Pag. |
|--|------|
| Foto 1. Preparación de las muestras de carbón. | 27 |
| Foto 2. Muestra pulverizadas del mineral. | 27 |
| Foto 3. Entrada, Sostenimiento en arco de acero y banda transportadora. | 36 |
| Foto 4. Bocamina túnel 2, sostenimiento en arcos de acero. | 37 |
| Foto 5. Bocamina túnel 3. Sostenimiento en arcos de acero. | 38 |
| Foto 6. Sostenimiento con arco de acero en la galería 1. | 40 |
| Foto 7. Galería 4. | 41 |
| Foto 8. Sostenimiento en cuadros en los tambores.V35 | 41 |
| Foto 9. Ventilación y Transporte interno en las diagonales mediante canal negra. | 42 |
| Foto 10. Sostenimiento en la Transversal norte | 44 |
| Foto 11. Galería 2G - Norte, Galería 2 y Galería 2G – Sur | 44 |
| Foto 12. Galería 3G - Norte, Galería 3G. | 45 |
| Foto 13. Galería 33G - Galería 33G – Sur | 46 |
| Foto 14. Barrenos de perforación | 49 |
| Foto 15. Arranque con martillo picador. | 50 |
| Foto 16. Transporte interno de la mina. (Banda trans. Riel, monorriel Panser) | 50 |
| Foto 17. Sostenimiento. (Arcos de acero, poligones, canastas) | 51 |
| Foto 18. Ventilador auxiliar, bifurcación del ducto y puerta reguladora. | 53 |
| Foto 19. Electrobomba, pozo de bombeo y torre de aireación. | 55 |
| Foto 20. Iluminación interna de la mina y stand de lámparas mineras. | 60 |
| Foto 21. Señalización en la mina. | 60 |
| Foto 22. Patio de la mina e instalaciones del C.N.M. | 62 |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. PLANO 1. Polígono del área del contrato del C.N.M.
- ANEXO B. PLANO 2. Plano geológico del sector.
- ANEXO C. PLANO 3. Columna estratigráfica de los Túnel 1 y Túnel 2. De la mina Didáctica del SENA.
- ANEXO D. Resultados de los análisis del laboratorio de carbones.
- ANEXO E. PLANO 4. Labores mineras mina del SENA.
- ANEXO F. PLANO 5. Plano de la Infraestructura del C.N.M.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la actualización del Programa de Trabajos e Inversiones (P.T.I.) de la mina Didáctica del Centro Nacional Minero perteneciente al contrato en virtud de aporte N° 01- 130 – 93. Propiedad del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Regional Boyacá.

Este proyecto se realiza utilizando como fuente principal de información bibliográfica el expediente de la mina del SENA, que reposa en la Agencia Nacional Minera y que contiene el P.T.I. y el P.T.O. con los que cuenta la mina actualmente. De igual forma se realiza un trabajo en campo con el fin de recopilar los datos necesarios y que serán procesados y analizados para luego realizar la actualización del documento.

El texto contiene una amplia descripción de las labores actuales con las que cuenta la mina, de igual forma los servicios y maquinaria que se emplea en la misma para realizar las diferentes actividades de formación y capacitación de los aprendices. Además contiene una proyección del método de explotación por tajo corto con arranque por testers con relleno que a futuro se desea desarrollar en la mina con el fin de que los aprendices adquieran más experiencia realizando prácticas en un medio de trabajo real pero con condición de didáctico y siguiendo el cronograma de los diferentes módulos de formación que brida el C.N.M.

De igual forma se realiza una descripción del costo actual de la inversión que tiene la mina y de las mejoras que se han implementado con el propósito de garantizar el aprendizaje y buscando siempre la tecnificación de la mina que se hace necesaria por su condición de didáctica.

El proyecto finaliza con una serie de recomendaciones que se plantean con la finalidad de brindar solución a posibles inconvenientes que se pueden presentar a futuro en el proceso de capacitación de los aprendices.

INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional Minera con el paso de los años ha venido considerando a las políticas mineras como la alternativa más apropiada para garantizar y optimizar cada uno de los procesos mineros que se realizan en las diferentes minas de nuestro país. Teniendo en cuenta esto se pretende que estas actividades se realicen bajo criterios de efectividad con el propósito de lograr el aprovechamiento de los recursos.

En el caso de la mina didáctica del Centro Minero por ser considerada la única en el país es importante garantizar que estas normas se cumplan considerando que es aquí en donde comienza la formación de los aprendices mineros. Con la actualización del Programa de Trabajo e Inversiones de la mina SENA, se recopila la información técnica con la cual se desarrollan las actividades de formación y capacitación de los aprendices y la proyección de las actividades de la mina, teniendo en cuenta que esta es considerada un aula de formación en donde la producción no se mide en toneladas de mineral extraído sino con el número de aprendices que son capacitados en los aspectos teóricos - prácticos en los diferentes módulos de formación con niveles técnicos y tecnólogos y en donde el avance de la mina depende de la realización de las diferentes prácticas de formación.

Con la actualización del Programa de Trabajos e Inversiones de la mina didáctica del Centro Nacional Minero SENA, no solo se puede cumplir con los requerimientos de la Agencia Nacional Minera, sino también nos garantiza que la información recolectada en campo es la realidad de la mina y por ende el alcance de este proyecto se basa en mejorar las operaciones mineras ya que se puede plasmar la necesidad de realizar más inversión con el fin de continuar con su misión que es la de capacitar a futuros trabajadores mineros, además esta inversión también va sujeta a que la mina no tiene calculado el tiempo de vida útil y que en gran parte esta depende de las inversiones que se le realicen con el propósito de mantenerla por mucho más tiempo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Realizar la actualización del Programa de Trabajos e Inversiones (P.T.I.) de la mina Didáctica del Centro Nacional Minero SENA regional Boyacá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recolectar la información bibliográfica y de carácter topográfico relevante de las labores actuales en la mina didáctica del C.N.M.

Revisar y comparar el documento existente de Programa de Trabajos e Inversiones (P.T.I) y la información actual recopilada en campo.

Realizar la descripción de las labores preparación, desarrollo y explotación de la mina Didáctica del SENA.

Describir los sistemas y equipos que se encuentran en la mina Didáctica del SENA.

Realizar la proyección de las labores mineras actuales y las propuestas a futuro teniendo en cuenta que la mina es didáctica y destinada para la formación de aprendices y trabajadores mineros.

Identificar los impactos generados por la actividad minera que se desarrolla en la mina Didáctica del Centro Nacional Minero.

Calcular el costo total de la mina teniendo en cuenta las inversiones realizadas.

1. GENERALIDADES

La mina del SENA, se encuentra dentro del título en virtud de aporte N° 01- 130 - 93. En custodia del titular minero Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Regional Boyacá. Representado por el jefe del Centro de formación.

1.1 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO.

La mina Didáctica del Centro Nacional Minero SENA, se encuentra ubicada al NE del municipio de Sogamoso en la vereda Morca, sector Bata a 7 Km de del casco urbano.

Las instalaciones donde se encuentra la mina están delimitadas dentro de un polígono cuya área es de 4 hectáreas y 8.50 m², las cuales se hallan demarcadas por las siguientes coordenadas geográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) ¹ (ver cuadro 1, Anexo A).

Cuadro 1. Coordenadas geográficas del área de estudio

| PUNTO | X | Y |
|-------|----------------|----------------|
| 1 | 1'131,007.1073 | 1'125,407.3347 |
| 2 | 1'130,908.0743 | 1'125,537.8505 |
| 3 | 1'131.009.2971 | 1'125,691.8733 |
| 4 | 1'131.248.6633 | 1'125,401.2848 |

Fuente: Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

Al Centro Nacional Minero se llega por dos vías de acceso principales, la primera parte de la ciudad de Sogamoso llegando al corregimiento de Morca, de donde se desvía a la izquierda para tomar la vía que conduce al C.N.M. El otro Carreteable o vía de acceso parte también del Municipio de Sogamoso, por la vía que conduce a Belencito, llegando a las instalaciones del Centro Industrial SENA, de donde se parte por la vía que conduce al “Centro Recreacional la Ramada” tomando la vía izquierda sin pavimentar y continuando por esta hasta llegar al Centro Nacional Minero (ver figura 1).

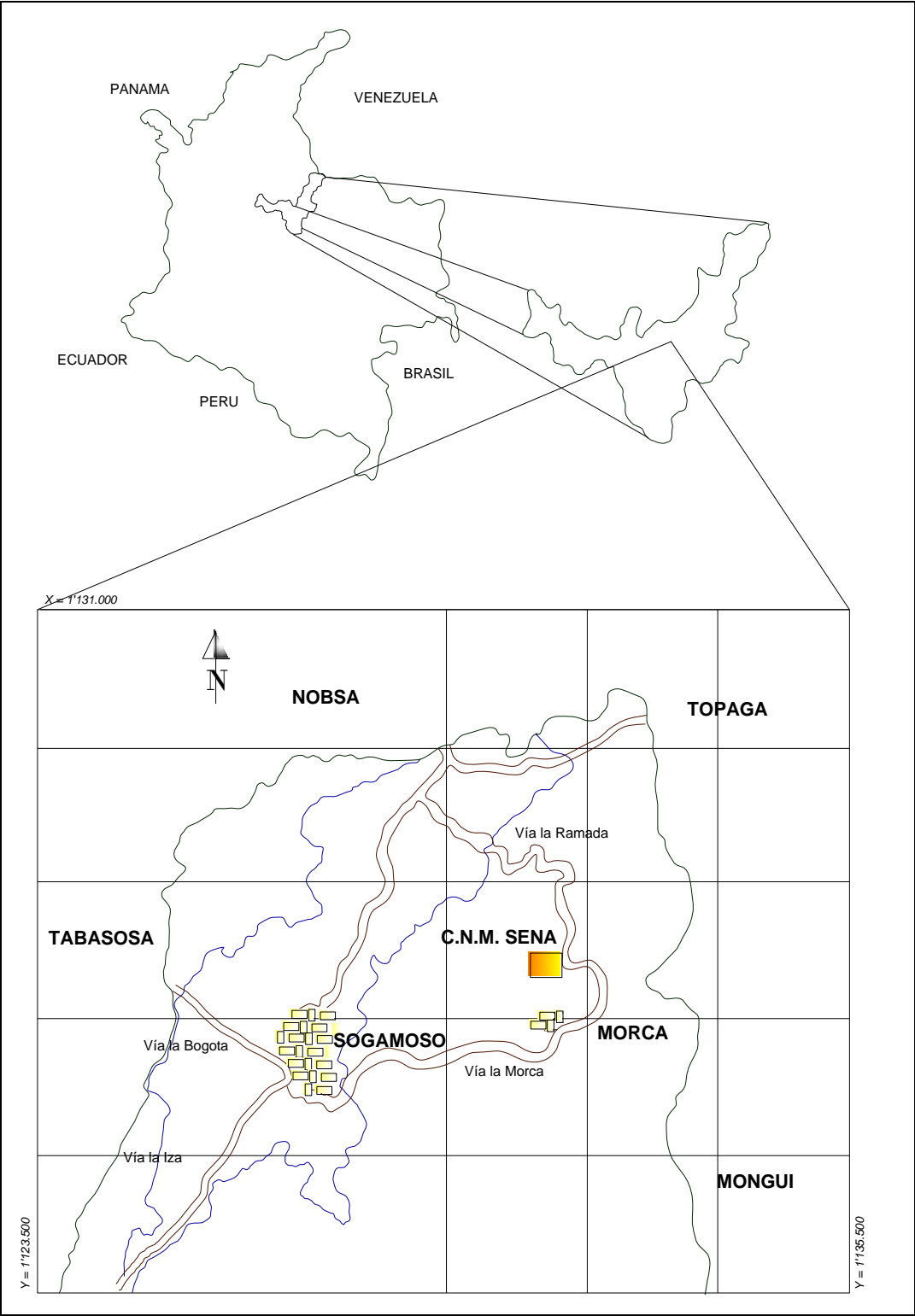
1.2 RASGOS FISIAGRÁFICOS.²

1.2.1 Hidrografía y fisiografía. La fuente principal de drenaje de la zona de estudio la constituye la quebrada las Torres que en su parte alta fluye en dirección E – W y S – N, cambiando su curso en dirección N – W hasta la desembocadura en el río Chicamocha. En la zona existen tres grandes drenajes de menor importancia como

¹ FONSECA Yolanda, RODRIGUEZ Álvaro, MENESES Armanta. Planeamiento minero mina Didáctica. SENA.

² CONTRERAS, Gloria. Informe geológico mina Didáctica. Instructora Centro Nacional Minero SENA – Regional Boyacá.

Figura 1. Localización mina Didáctica Centro Nacional Minero. SENA.



Fuente. Resultados de la investigacion.

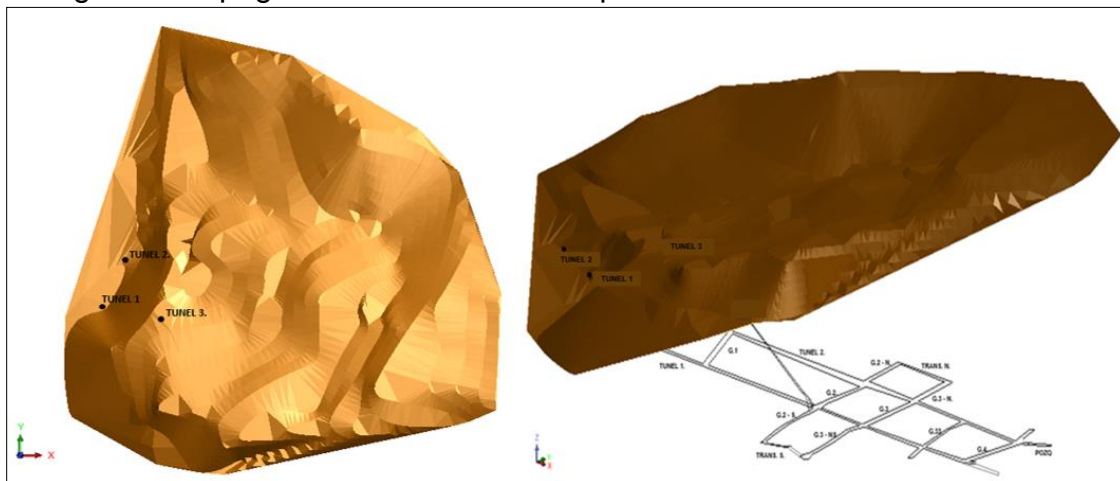
la quebrada que corre por la parte norte del Centro Nacional Minero en dirección E – W. la cual es tributaria de la quebrada las torres.

1.2.2 Clima y vegetación. La zona presenta un clima frío, el cual es determinado por la altitud, presentando temperaturas que oscilan entre 7 °C y 18 °C con acentuadas variaciones durante transcurso del año y con temporadas lluviosas que generalmente corresponde a los meses de Marzo a Mayo y de Septiembre a Noviembre. La vegetación es escasa, aunque es posible observar algunas especies nativas, plantaciones de eucalipto, pastizales y algunas zonas de cultivos principalmente de maíz, papa y arveja.

1.2.3 Distribución temporal de la precipitación. El régimen de precipitación en la zona sufre intensificaciones o atenuaciones en su efecto por el factor orográfico. La precipitación presenta un comportamiento bimodal, con dos épocas bien definidas de lluvias, Abril y Octubre; durante todo el año presenta un rango entre 20 mm y 100 mm. En Enero se registra la menor precipitación del año con un valor medio de 19.8 mm durante Febrero y Marzo la precipitación va en aumento hasta llegar a los meses de Abril y Mayo con una precipitación media por encima de los 90 mm, en las dos estaciones, presentando así el primer pico del año. Para el mes de junio y los siguientes dos meses, la precipitación total media se encuentra entre los 43 y 48 mm; finalmente hacia el mes de Septiembre comienza un nuevo aumento de lluvias que alcanza el máximo valor en octubre, cercano a los 95 mm que se ve reducido en el mes de Noviembre, para concluir el año con un valor de 28.3 mm.

1.2.4 Topografía. La región se caracteriza por tener una morfología suavemente ondulada con una altura promedio de 2665 m.s.n.m y con inclinaciones hacia el oeste, constituida principalmente por material arenoso – arcilloso los cuales están recubiertos por materiales no consolidados. (ver figura 2)

Figura 2. Topografía del área de concepción de la mina Didáctica. SENA.



Fuente: Imagen digitalizada con el software minero SURPAC versión 6.3.2. Archivo DXF Topografía y labores mineras Mina Didáctica.

2. GEOLOGÍA.³

2.1. GEOLOGÍA GENERAL.

El bloque Morca Norte ubicado en la cordillera oriental está rodeado por un sistema de fallas de tipo compresivo y conformado por sedimentos de origen continental y marino, con edades que van desde el cretácico superior hasta el reciente, da origen a condiciones especiales de estructuras localmente algo complicadas, donde las rocas aflorantes (areniscas, lodolitas, arcillolitas y mantos de carbón) presentan variaciones laterales debidas a disposiciones en el ambiente de formación y a fuerzas compresivas y de tensión emanadas de la orogenia andina, durante los últimos 22 millones de años.

2.1.1. Estratigrafía Estratigráficamente se encuentran aflorantes las formaciones Guaduas, Socha Inferior y algunos depósitos Cuaternarios.

Formación Guaduas (Ksg). Conformada en la parte inferior por arcillolitas físbiles con escaso bancos de arenisca deleznable de grano medio a grueso de color amarillo. En la parte superior presenta alternancia de areniscas blancas de grano medio a grueso, arcillolitas grises y mantos de carbón.

Litológicamente se encuentra constituida por dos miembros: el superior, compuesto por arcillolitas grises y negras con intercalaciones de areniscas pardas de grano medio a fino hacia el tope; en la parte inferior se encuentran unas areniscas blancas y grises de grano medio a grueso, en capas con espesores de 0.10 m a 0.20 m. en este miembro donde se encuentran los mantos de carbón explotables con espesores desde 0.80 m hasta 6.80 m.

El miembro inferior conocido como Guaduas estéril está constituido por arcillolitas grises y negras con ocasionales alternancias de areniscas blancas y grises de grano medio a fino y areniscas arcillosas presenta un espesor de 189 m. medidos al sur oriente de la torre de Matayeguas.

Formación Socha Inferior (Tpsi). La formación consta de potentes bancos de arenisca cuarzosa, de grano variable, en secuencia con arcillolitas grises, con intercalación de capas de arenisca. En la quebrada las Torres la formación en la parte superior está constituida por areniscas blancas a amarillentas de grano medio a fino, con manchas de óxidos de hierro, bien compactas y presentan calcos de carga, marcas de lluvia y estratificación cruzada. Su espesor es de 0.80 m. la parte media está compuesta por arcillolitas grises con intercalaciones de limolitas grises verdosas y con un espesor de 0.25 m. la parte superior (sudoeste quebrada de las Torres) está constituida por areniscas blancas, pardas y amarillas de grano grueso

³ NIÑO, W y SANDOVAL, L. Estudio geológico ambiental y caracterización de carbones para la mina Didáctica del SENA. U.P.T.C.1994. Monografía para optar el título de ing. Geólogo. Pag. 14.

a medio, con niveles conglomeraticos y alternancia de arcillolitas arenosa violácea y gris.

Formación Ermitaño (Ksc). Esta formación consta de tres miembros; el inferior está constituido por shert negro y limonita silíceas blancas en capas de 10 a 15 cm, con intercalaciones de bancos de poco espesor de caliza y arenisca que no afloran en este sector. El miembro intermedio está formado por arcillolitas fisibles con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas, areniscas calcáreas en su parte inferior y arenisca gris dura de grano fino en su parte superior. El miembro superior está constituido por areniscas duras silíceas intercaladas con capas de lutita.

Depósitos Cuaternarios (Qd, Qal). Representados por una cubierta de material heterogéneo, que abarca la mayor parte del área del Centro Minero. En general este material es producto de la alteración in situ de la misma formación y posterior transporte por remoción en masa causada por efectos de gravedad ocurrida en épocas glaciares y postglaciares. Compuesto principalmente por fragmentos de diferentes tamaños de areniscas embebidas dentro de una matriz arcillo – limosa y limo – arcillosa parda.

Su espesor promediado es de 15 m. En las quebradas circundantes al Centro Minero, es fácil observar que este material ha sido desgastado, originando así pequeños depósitos de tipo aluvial.

2.1.2. Geología estructural. La cuenca de Sogamoso y sus alrededores se ubican en la Cordillera oriental de los Andes Colombianos, presentando gran número de pliegues y fallas debido a la intensa actividad tectónica que le dio origen.

Anticlinal de Morca. Localizado hacia la parte sureste, corresponde a un anticlinorio con estructuras menores plegadas en sus flancos. Asimétrico según la disposición de su eje, con un núcleo constituido por arcillolitas grises del miembro inferior de la Formación Guaduas. Su orientación preferente es N 50° E.

El flanco NW forma un sinclinal asimétrico, en donde se ubica el yacimiento carbonífero del Centro Nacional Minero, cortado por la falla inversa de Topaga.

Anticlinal de la Quebrada de las Torres. Es un anticlinal buzante con el flanco occidental invertido (a la altura del Cerro la Cruz), con dirección preferente N 45° E (mostrando la dirección de los esfuerzos tectónicos regionales de compresión, de dirección ortogonal a la de su eje: N 45° W). Su eje manifiesta una pequeña curvatura orientándose hacia el Norte, con un ángulo de cabeceo aproximado a 15°NE.

Sinclinal de Matayeguas. Asimétrico, constituido por las areniscas de la Formación Socha Inferior, con dirección N 45° E, cortado por dos fallas de rumbo, paralelas, que los desplazan formando un anticlinal buzante localizado al nororiente de la estructura original.

Falla de Monguí. De tipo inverso de alto ángulo, con dirección al NE, de continuidad regional buzando al sur, poniendo estratos de la Formación Ermitaño sobre las Formaciones Guaduas y Socha Inferior.

Falla de Matayeguas. Falla de rumbo, con dirección NW, afectando las formaciones aflorantes en el área, con desplazamiento lateral derecho aproximado a 400 m. Además de esto corta las fallas inversas de Gámeza y Tópaga hacia el sur, donde se encuentra cubierta de materiales reciente. Esta falla sigue la dirección de los esfuerzos regionales, originada por la diferenciación de la resistencia de las formaciones rocosas a la compresión.

Falla de Gámeza. De tipo inverso, con dirección NE buzando hacia el sur. Afecta rocas del terciario de las Formaciones Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración y es cortada y desplazada por la falla direccional de Matayeguas.

Falla de Tópaga. Inversa con dirección NE, buzando al oriente. Localizada al sur de la falla de Gámeza, de mayor ángulo que ésta, afectando las rocas cretácicas de la Formación Guaduas poniéndolas sobre las rocas terciarias de la Formación Socha Inferior. Es cortada y desplazada por la falla de Matayeguas. Afecta directamente al macizo rocoso de Centro Nacional Minero, ya que su traza cruza cerca del límite NE, controlando la disposición estructural de los mantos de carbón y las direcciones de las fracturas de tensión y de cizalla.

Falla paralela. Es de tipo inverso, su denominación se debe a que sigue una demonización paralela a la falla de Gámeza afecta las formaciones Socha superior y Socha inferior. Hacia el norte se presenta afectada por una falla de tipo direccional localizada en cercanía a la quebrada las Torres.

2.2. GEOLOGÍA LOCAL

La geología local se encuentra dentro del miembro superior de la formación Guaduas compuesto por arcillolitas grises y negras con intercalaciones de areniscas pardas de grano medio a fino hacia el tope; en la parte inferior se encuentran unas areniscas blancas y grises de grano medio a grueso, en capas con espesores de 0.10 m a 0.20 m. en este miembro se encuentran los mantos de carbón explotables con espesores de 0.80 m hasta 6.80 m. (ver Anexo B).

2.2.1. Geología Estructural y Tectónica. Estructuralmente los terrenos del Centro Nacional Minero se encuentran dentro de un complejo tectónico con presencia de fallas y plegamientos regionales, considerados anteriormente y que obedecen a la evolución tectónica a que ha estado sometida la cordillera oriental. La fuerte tectónica regional ocurrida en la zona ha producido gran incidencia en la tectónica local, afectando notablemente los estratos de la formación carbonífera, originando plegamientos, intenso fracturamiento, curvamiento de las estructuras, reducción considerable de los espesores y probables fallas de pequeña a mediana escala.

2.2.2 Estratigrafía. Estratigráficamente presenta secuencias monótonas de arcillolitas, limolitas, algunos niveles de areniscas y mantos de carbón los cuales alternan entre si y producen series repetitivas entre dichos componentes sedimentarios. Dentro de la propiedad del Centro Nacional Minero, la formación carbonífera se halla cubierta por un depósito cuaternario coluvial (Qc) el cual consta de fragmentos heterométricos de areniscas englobados dentro de una matriz arcillo – limosa y limo – arcillosa parda.

2.3. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO⁴.

El Centro Nacional Minero se encuentra dentro de un área donde se producen esfuerzos de tensión, dando alta probabilidad a la dislocación de los mantos ya que se ubica en la base de un sinclinal asimétrico, en la formación Guaduas se presentan fuertes anomalías en la reducción de su espesor y cambios continuos de dirección.

2.3.1. Estratigrafía y Geología Estructural. La secuencia estratigráfica atravesada por los túneles 1 y 2 corresponden a una alternancia de arcillolitas, limolitas, niveles de areniscas cuarzosas y mantos de carbón.

Las arcillolitas presentan coloración en tonos de gris claro a negro, inclusiones carbonosas y óxidos que se muestran masivas o de estratificación gruesa a laminada. Hay presencia de esporádicas capas de limolitas silíceas, con aspecto nodular, muy dura y de hasta 0.10 m. de espesor. (ver ANEXO C).

Los niveles de arenisca presentan estratificación gruesa a muy fina (lajosa), coloración en tonos amarillentos grises y pardos; cuarzosas, de grano medio a fino, poco fiables y buena dureza. Hacia el final de los túneles hay esporádicas capas de arenisca silícea (máximo 0.10 m de espesor) las cintas y mantos de carbón cortados por los túneles son en total 13 con espesores que van desde 0.10 a 6 m. siendo los más importantes seis, denominados Manto 1, Manto 2 hasta Manto 6.

La secuencia sedimentaria que atraviesa los túneles presenta rumbos y buzamientos entre N40°E / 80°SE y N45°E / 75° SE hasta la parte media de los túneles y N56°E / 78° SE a N60°E / 82° SE, de esta parte hacia el final de las excavaciones.

El control estructural de esta secuencia sedimentaria está dado por la falla inversa de Topaga, que pasa muy cerca de los linderos de la propiedad del Centro Nacional Minero. A través de los túneles se observan zonas intensamente fracturadas, replegadas, algunas diaclasas rellenas de calcita y constante laminación en la secuencia, lo mismo que infiltraciones de agua por el techo y las paredes hacia la parte final de las excavaciones.

⁴ Op. Cit. Pag. 22

Respecto a los mantos de carbón, se aprecian fuertes anomalías de tipo estructural, especialmente la reducción considerable de los espesores en algunos de los mantos. Sobre la Galería 2 - Norte, el manto 3 presenta una reducción considerable de su espesor (pinchamiento) y además hacia el piso del manto se observan lentes de material del mismo respaldo inferior que lo constituye; esta anomalía parece ser de carácter local y presenta probabilidad de que el manto recobre su espesor normal; en la Galería 2 - Sur presenta una buena continuidad estratigráfica.

La Galería 3 está construida sobre el manto 4, que presenta un espesor promedio de 5.5 m. presenta rumbo de N 52° E y buzamiento promedio de 70° SE. La continuidad estratigráfica y estructural es buena al sur de esta galería pero hacia el lado norte (Galería 3 - Norte), a los 33 m. desde el túnel 2, el manto se pierde, mostrando un corte de falla y numerosas fracturas. Continuando por la galería, el manto no vuelve a aparecer y entonces se presume que al igual que el manto 3, este también ha sido corrido hacia la derecha. Este movimiento relativo puede asociarse al desplazamiento del rumbo de la falla de Matayeguas que ha afectado la formación carbonífera. Este manto presenta respaldos constituidos por arcillolitas y limolitas grises con fracturamiento medio e intenso en ocasiones. Los respaldos constituidos por arcillolitas están acompañados por discontinuidades, son fisibles y se degradan a lo largo de los planos paralelos a la estratificación original.

2.3.2. Bloques y mantos explotables⁵. La mina didáctica está ubicada geológicamente en el bloque Morca, las rocas involucradas corresponden al miembro superior de la formación Guaduas; en forma general el sector se considera como único bloque en el cual afloran seis mantos de carbón y cintas de espesor variable, con intercalaciones de arcillolitas, limolitas y algunos niveles de areniscas en secuencias monótonas. La denominación de los mantos en la mina corresponden a la manejada durante el periodo de trabajo basándose en el primer estudio exploratorio realizado en el área de estudio, el cual denota los mantos de base a techo como: mantos 6, 5, 4, 3, 2 y 1.

2.3.2.1. Manto 5 y 6. Corresponde a carbón duro, con alto grado de fracturamiento, de espesor variable, en promedio 6,2 m. se considera como un solo manto debido a que entre ellos se presenta una intercalación de 0,25 m. de limolita arenosa de color gris oscuro, es frecuente la presencia de lentes de limolita arenosa parda. El respaldo superior corresponde a limolitas arenosas y el inferior arcillolitas y limolitas de color gris.

Su continuidad se ve afectada hacia el norte por la presencia de una falla direccional izquierda de tipo local generando un desplazamiento del manto hacia el Noroeste. Hacia el sur el manto presenta continuidad; pero se ve afectado por acuñamientos y plegamientos locales.

⁵ PROGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES. (P.T.I.) Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA Sogamoso – Boyacá. 2001. Pag. 23.

2.3.2.2. Manto 4. Corresponde a un carbón duro, fracturado, de aspecto mate el cual presenta dos intercalaciones de arcillolitas carbonosas y arcillolitas pardas, presentan un espesor promedio de 4,5 m, sus respaldos corresponden a limolitas arcillosas de color gris oscuro y delgadas capas de areniscas para el superior y arcillolitas de color gris claro, compactas para el respaldo inferior.

El espesor del manto es variable, midiéndose 6 m. y 5,1 m. en el túnel 1 y en el túnel 2, respectivamente. Hacia el norte el espesor va disminuyendo, desapareciendo por efecto de una falla se rumbo Norte – Sur en la Galería 3 Norte. También presenta acuíferos y zonas de flexión. Su orientación preferencial es N 50° E con buzamiento 75° SE, correspondiendo a la dirección de la Galería 3, es explotado hacia el sur en la Galería 3 Sur, se ubica estratigráficamente a 24 m. de los mantos 5 y 6.

2.3.2.3. Manto 3. Corresponde a carbón limpio, fracturado y duro, de aspecto brillante el cual presenta delgadas intercalaciones de arcillolitas negras, su espesor promedio es de 1,4 m. orientado en el rumbo N 45° E y buzamiento 73° al SE. Su respaldo inferior corresponde a arenisca cuarzosa de grano fino a medio de consistencia dura y limolitas arenosas de color pardo y el superior limolitas arenosas laminares de color gris y pardo compactas y fracturadas.

Este puede ser seguido a lo largo de la galería 2 y el túnel 3 hacia el sur, donde disminuye su espesor, es explotado en la galería 2 Sur y se ubica a 10 m. por encima del manto 4. Hacia el norte presenta una pérdida de espesor y pierde su continuidad por efecto de una falla local de rumbo N 7° E, localizada en la Galería 2 Norte.

2.3.2.4. Manto 2. Presenta un espesor promedio de 1,1 m, se caracteriza por ser un carbón limpio, duro, fracturado de aspecto vítreo a mate. Su orientación varía entre N 50° E Y N 70° E, de norte a sur, respectivamente, su buzamiento en promedio es de 64° al Sureste. Sus respaldos corresponden a arcillolitas y limolitas grises con niveles de areniscas. Se considera que presenta continuidad ya que hacia el sur puede localizarse en la quebrada las Torres que limita el centro de este sector. Este manto está ubicado 64 metros por encima del manto 3.

2.3.2.5. Manto 1. Este manto presenta un espesor promedio de 0,95 m, se caracteriza por tener un carbón duro y muy fracturado, limpio, de aspecto vítreo a mate. Sus respaldos corresponden a arcillolitas carbonosas en la parte superior y el respaldo inferior de arcillolitas gris oxidada.

2.4. RESERVAS DEL MATERIAL ÚTIL⁶

De acuerdo con el sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón de ECOCARBON, en la mina didáctica del SENA las reservas se clasifican como

⁶Op. Cit. Pag. 24.

“básicas medidas”, ya que presentan numerosos puntos de información debidos a las vías subterráneas de preparación y desarrollo, los cuales tienen una influencia hasta de 250 m, abarcando el polígono del Centro Nacional Minero en su totalidad tanto en planta como en profundidad.

Las reservas medidas del Centro Nacional Minero fueron calculadas según la ecuación:

$$t = e * c * l * \gamma$$

Donde:

t = número de toneladas

e = espesor real promedio del manto

c = distancia paralela a la línea de buzamiento real del manto (m)

l = distancia medida por la traza de los mantos siguiendo sus rumbos (m)

γ = peso unitario promedio del carbón (ton/m³).

Cuadro 2. Calculo de las reservas medidas para los Mantos de carbón de la Mina Didáctica del Centro Nacional Minero.

| MANTO | e (m) | c (m) | l (m) | $\gamma(t/m^3)$. | RESERVAS MEDIDAS (t) |
|-------|-------|--------|-------|-------------------|----------------------|
| 1 | 0,95 | 339,13 | 163,5 | 1,120 | 58.996,4 |
| 2 | 1,05 | 276,00 | 245,0 | 1,151 | 81.722,2 |
| 3 | 1,40 | 191,25 | 238,0 | 1,114 | 70.989,1 |
| 4 | 4,70 | 154,75 | 216,0 | 1,104 | 173.440,8 |
| 5 | 2,44 | 137,00 | 172,0 | 1,143 | 65.718,1 |
| 6 | 2,44 | 134,17 | 170,0 | 1,143 | 63.612,2 |

Fuente: FONSECA Yolanda, RODRIGUEZ Álvaro, MENESES Armanta. Planeamiento Minero Mina Didáctica. SENA. 2001.

Los valores de e, c y γ , son valores promediados para la mina didáctica del SENA. La vida útil de la mina no se calculó, ya que esta por ser Didáctica está sujeta al número de alumnos que se formen y a la demanda de trabajadores alumnos que se presentan para recibir algún tipo de capacitación.

2.5. CALIDAD MINERAL ÚTIL.

Para determinar la calidad del mineral que se encuentra en la mina Didáctica, fue necesario realizar dos muestreos en forma canal en la Galería 3 Sur diagonal 2 Sur que se avanza por el manto 4 y en la Galería 2 Sur que se avanza en el manto 3.

En el muestreo se tomó una muestra promedio de 10 Kg cada una y la preparación de las muestras se realizó en el laboratorio de carbones de SENA mientras que los análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Foto.1. Preparación de las muestras de carbón.



Fuente: Resultados de la investigación.

Foto 2. Muestra pulverizadas del mineral.



Fuente: Resultados de la investigación.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los análisis de calidad del carbón que se encuentra en el Mantos 3 y Manto 4 de la mina didáctica del SENA; los cuales son entregados en base al procedimiento de las normas ASTM. (ver ANEXO D).

Cuadro 3. Resultados de laboratorio para las muestras de carbón.

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | H RESIDUAL | % CENIZAS | % M. VOLÁTIL | % C. FIJO | % AZUFRE | PODER CALORÍFICO |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| Muestra 1. M -4 | 2,72 | 4,96 | 39,71 | 52,61 | 1,18 | 7574 cal/gr |
| Muestra 2. M -3 | 2,88 | 5,69 | 39,71 | 51,72 | 0,97 | 7488 cal/gr |
| Datos promedio | 2,88 | 5,32 | 39,71 | 52,16 | 1,07 | 7531 cal/gr |

Fuente: Resultados de la investigación

Para establecer la clasificación del mineral muestreado se utilizó la clasificación ASTM de carbones por rango, teniendo en cuenta el poder calorífico (hlmm); ya que

la mayoría de los carbones encontrados en la zona clasifican entre Sub-bituminoso C y Bituminoso Alto Volátil B.

Según la clasificación ASTM para carbones por rango, el carbón que está presente en los Mantos de la mina didáctica del Centro Nacional Minero está clasificado como un carbón bituminoso alto volátil C.

Cuadro 4. Clasificación ASTM para los carbones.

| CLASE | GRUPO | CARBON FIJO % slm.m | | MATERIA VOLÁTIL % slm.m | | PODER CALORÍFICO cal/gr hlmm | | CARÁCTER AGLOMERANTE |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|----|-------------------------|----|------------------------------|------|------------------------|
| | | > | < | > | < | > | < | |
| ANTRACITA | 1. Meta antracita. | 98 | | | 2 | | | No aglomerante |
| | 2. Antracita. | 92 | 98 | 2 | 8 | | | |
| | 3. Semi-antracita. | 86 | 92 | 8 | 14 | | | |
| BITUMINOSO | 1. Bituminoso bajo volátil. | 78 | 86 | 14 | 22 | | | Comúnmente aglomerante |
| | 2. Bituminoso medio volátil. | 69 | 78 | 22 | 31 | | | |
| | 3. Bituminoso alto volátil A. | | 69 | 31 | | 7780 | | |
| | 4. Bituminoso alto volátil B. | | | | | 7720 | 7780 | |
| | 5. Bituminoso alto volátil C. | 52.2 | | 39.7 | | 6380 | 7780 | Aglomerante |
| SUB - BITUMINOSOS | 1. Sub bituminoso A. | | | | | 5830 | 6380 | No aglomerante |
| | 2. Sub bituminoso B. | | | | | 5280 | 5830 | |
| | 3. Sub bituminoso C. | | | | | 4610 | 5280 | |
| LIGNITO | 1. Lignito B. | | | | | 3500 | 4610 | No aglomerante |
| | 2. Lignito A. | | | | | | 3500 | |

Fuente: GOMEZ ROJAS Olga Patricia. Clasificación de los carbones. Escuela de Ing. en minas. U.P.T.C. Seccional Sogamoso. 2012.

3. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

El objetivo principal de la clasificación geomecánica de cualquier macizo, es evaluar las propiedades que presenta este, para de esta manera determinar la calidad de la roca con fines muy diversos que abarcan desde la elección del tipo de sostenimiento más adecuado para garantizar la estabilidad de las labores, las diferentes formas que puede tener la excavación tanto en mineral y material estéril y la determinación de índices que sirven para predecir la fragmentación de las rocas cuando esta se expone a una voladuras, entre otras.

La estructura del macizo rocoso juega un papel importante en el comportamiento geomecánico de cualquier explotación minera. En este caso se necesita observar la influencia de las fracturas y establecer como estas afectan la mineralización, determinar las familias de diaclasas y sus direcciones preferenciales con respecto a las fallas del sector.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede plantear una idea de cómo realizar el diseño de una explotación segura y las medidas que se tienen que tener en cuenta para garantizar la estabilidad de esta.

Para realizar la clasificación geomecánica del macizo, es necesario recolectar información en campo y procesarla teniendo como base los diferentes parámetros utilizados para la clasificación RMRM. En la recolección se tienen en cuenta los datos tomados en los túneles 1 y 2 de la mina Didáctica del SENA como: las diaclasas, la rugosidad, el relleno, las filtraciones de agua hacia el interior de las labores, la abertura, el espaciamiento, el número de diaclasas por metro cúbico, la litología, estructura del macizo rocoso y la alteración o meteorización, esta última de mayor importancia ya que influye de manera considerable en la resistencia de la roca y produce efectos en las propiedades físicas y mecánicas del macizo.

3.1. FAMILIAS DE DIACLASAS⁷.

Para determinar las familias de diaclasas presentes en el macizo rocoso de la mina Didáctica del Centro Nacional Minero, se usó del software Dips, en donde se evidencia según los datos ingresados de las diaclasas que en este macizo hay 2 familias de discontinuidades con las siguientes direcciones (ver figura 3 y 4).

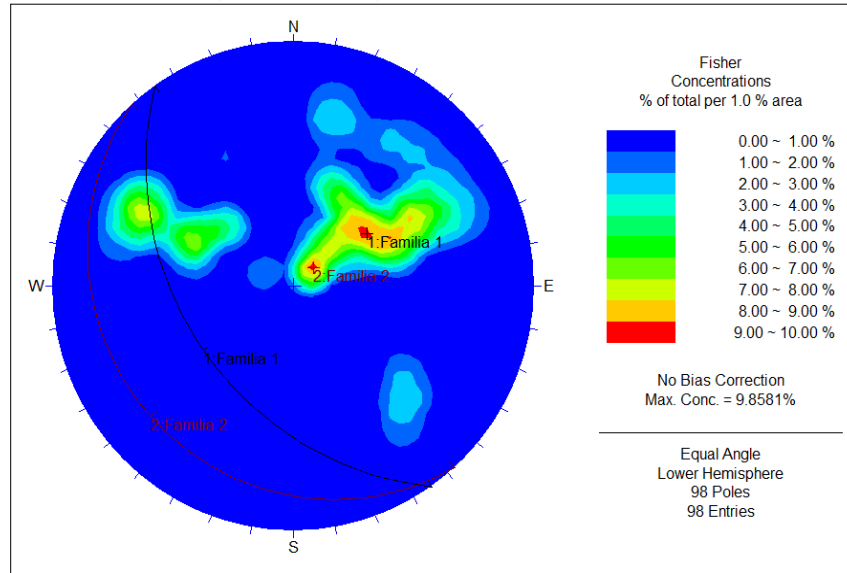
Familia 1 = 55/49

Familia 2 = 48/77

La figura 1 se utiliza para visualizar la concentración y orientación de datos inmediatamente evidenciados a partir del vaciado y concentración de polos. Los contornos de colores representan concentraciones estadísticas de polos del total de datos levantados en campo.

⁷ Op. Cit. 26.

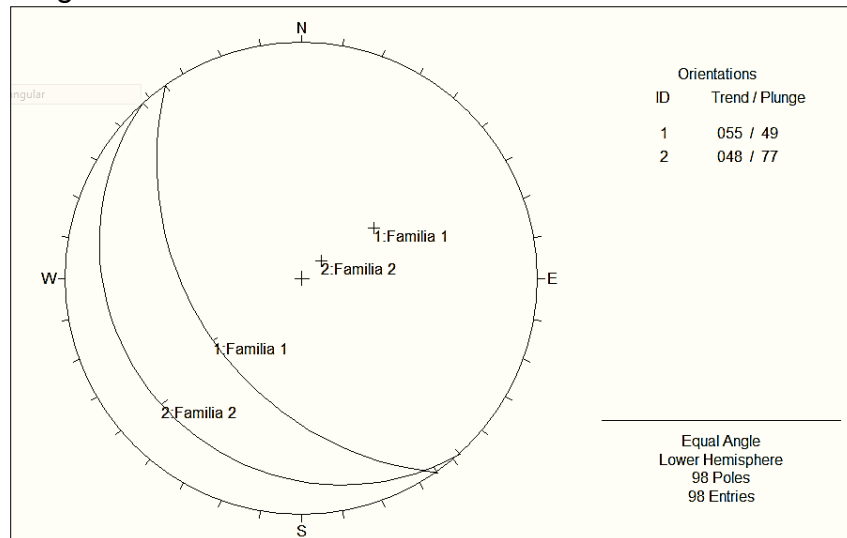
Figura 3. Diagrama de frecuencias.



Fuente. Resultados de la investigación.

La figura 4 muestra las principales familias de discontinuidades obtenidas a partir de la figura del diagrama de frecuencias. En esta se observa que el macizo rocoso está siendo afectado por dos familias de discontinuidades.

Figura 4. Orientación de las familias de discontinuidades.



Fuente. Resultados de la investigación.

3.2. ANÁLISIS DE LAS DISCONTINUIDADES

3.2.1. Espaciado. Es la distancia que existe entre los planos de las discontinuidades. En el caso de la mina del Sena este parámetro presenta un valor

promedio de 31,27 cm, variando en algunos sectores en donde se evidencia la compactación del terreno.

3.2.2 Estado de las fisuras. Se tienen en cuenta parámetros como la abertura de las discontinuidades que en el caso de la mina del Sena no supera los 5 mm, la rugosidad de las superficies de las paredes que es ligeramente rugosa, el estado de las paredes si son duras o blandas y el relleno de las discontinuidades que es blando y que no presentan mayor alteración.

3.2.3 Presencia de agua. Este parámetro fue evaluado considerando el caudal de agua que se filtra hacia el interior de las labores mineras, para el caso de la mina didáctica esta tiene un orden de 7 Lts/min. Este dato se tomó en el descargue del Caudal al pozo que se encuentra al final del túnel 2.

3.2.4 Orientación de las discontinuidades. Este es un factor de suma importancia al momento de realizar el avance de cualquier labor, ya que con base a este se establece la necesidad del elemento de sostenimiento. En el caso de la mina del SENA el avance de las labores es casi paralelo a las familias de las discontinuidades, lo que representa una condición desfavorable para las labores mineras.

3.2.5. Resistencia a la roca inalterada⁸. Es aquella que presenta la roca ya sea de techo o de piso que no presenta discontinuidades estructurales. En el caso de la mina Didáctica del SENA, el valor promedio para este parámetro es igual a 19.56 Mpa.

3.2.6. Índice de calidad de la roca (RQD). Teniendo en cuenta la frecuencia de las discontinuidades y la ecuación para el cálculo indirecto el RQD formulada por Priest y Hudson en 1976 calculamos:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

Donde λ es la frecuencia de las diaclasas.

$$\lambda = \frac{N}{L}$$

Con el desarrollo del trabajo de campo se logró medir una frecuencia de 16 discontinuidades en 1 metros, en este caso el RQD sería:

$$RQD = 100e^{-0.1*16}(0.1 * 16 + 1)$$
$$RQD = 52.49\%$$

En este caso se dice que la calidad de la roca es débil, teniendo en cuenta el

⁸ Op. Cit. 26.

siguiente cuadro.

Cuadro 5. Calidad de la roca.

| RQD % | CALIDAD DE LA ROCA |
|--------|--------------------|
| < 25 | muy pobre |
| 25-30 | Pobre |
| 50-75 | Débil |
| 75-90 | Buena |
| 90-100 | Excelente |

Fuente: resultados de la investigación.

3.2.7. Resistencia y deformabilidad del macizo rocoso. Para determinar estos parámetros se utilizó el Software Rock-Lab. (Figuras. 5 y 6).

A continuación se presenta un resumen de los parámetros de clasificación, el valor o descripción y la valuación que obtuvo cada uno de ellos, para de esta manera obtener una clasificación del macizo rocoso en él se encuentra la mina del Sena.

Criterio de ruptura generalizado del Hock y Brown

$Mb = 1.994$

$S = 0.0075$

$a = 0.504$

Criterio de Mohr – Coulomb

Cohesión = 0.707 Mpa

Angulo de fricción = $37,45^\circ$

Parámetros de resistencia del macizo rocoso

Esfuerzo a la tensión = -0,074 Mpa.

Esfuerzo de compresión simple = 1,666 Mpa.

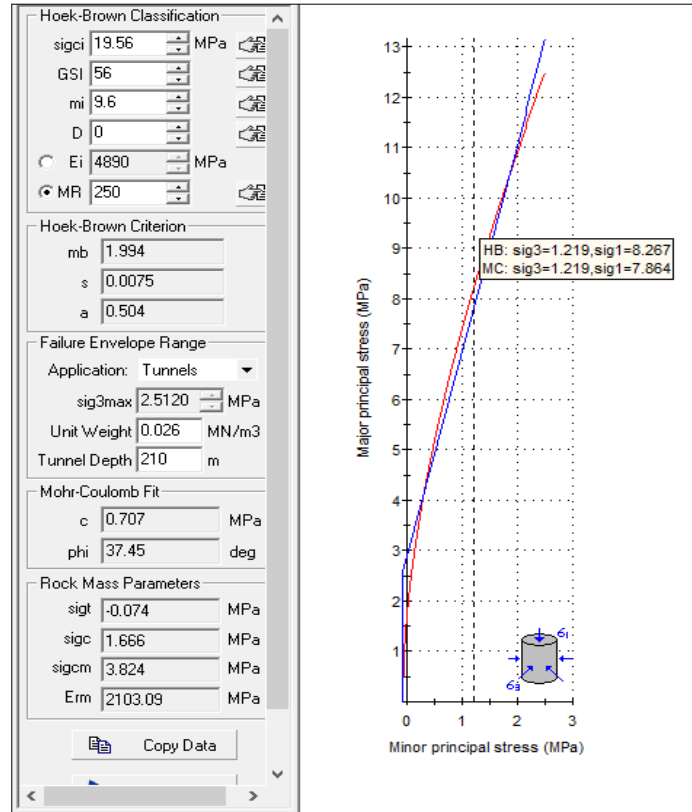
Resistencia global del macizo = 3,824 Mpa.

Módulo de deformación del macizo = 2103,09 Mpa.

El comportamiento que presenta el terreno en términos de esfuerzos principales. (ver figura 5), Teniendo en cuenta el criterio de Hock y Brown el macizo rocoso puede fallar cuando se presentan un $\sigma_1 = 8,267$ mpa. y $\sigma_3 = 1.219$ mpa. y considerando el criterio de Mohr – Coulomb este puede presentar inconvenientes si los esfuerzos principales superan los siguientes valores $\sigma_1 = 7,864$ mpa. y $\sigma_3 = 1.219$ mpa.

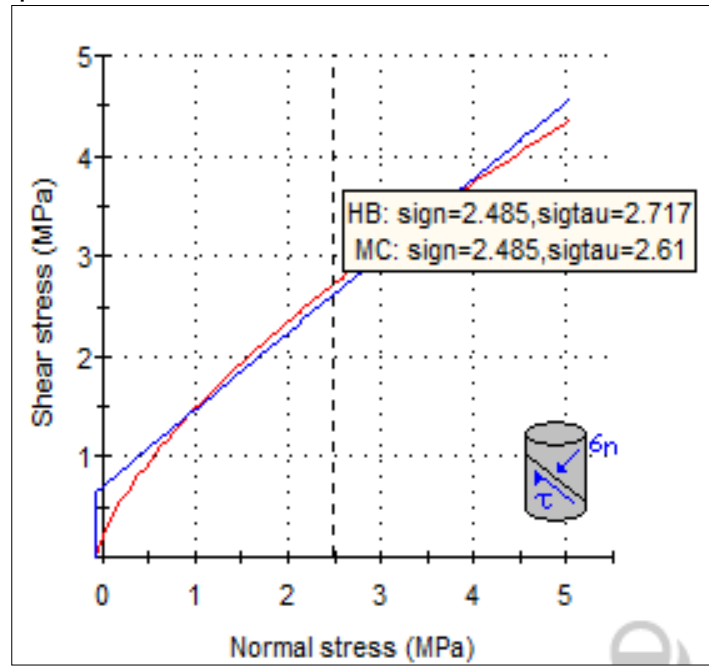
El comportamiento que presenta el macizo rocoso en función de los esfuerzos totales, en donde este puede fallar según el criterio de Hock y Brown cuando se presentan un $\sigma_1 = 2,717$ mpa. y $\sigma_3 = 2,485$ mpa. teniendo en cuenta el criterio de Mohr – Coulomb el macizo puede presentar fallar cuando los esfuerzos son iguales a: $\sigma_1 = 2,61$ mpa. y $\sigma_3 = 2.485$ mpa. (ver figura 6).

Figura 5. Comportamiento del macizo rocoso en términos de esfuerzos principales.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 6. Comportamiento del macizo rocoso en función de esfuerzos totales.



Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 6. Clasificación Geomecánica del macizo rocoso según el RMRM de macizos de roca fracturada.

| PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----|----|
| 1 | Resistencia de la matriz rocosa (Mpa) | Ensayo de carga puntual | >10 Mpa | 10-4 Mpa | 4-2 Mpa | 2-1 Mpa | Compresión simple (Mpa) | | |
| | | Compresión simple | >250 Mpa | 250-100 Mpa | 100-50 Mpa | 50-25 Mpa | 25-5 | 5-1 | <1 |
| | Puntuación | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | RQD | | 90%-100% | 75%-90% | 50%-75% | 25%-50% | <25% | | |
| | Puntuación | | 20 | 17 | 13 | 6 | 3 | | |
| 3 | Separación entre diaclasas | | >2 m | 0,6-2 m | 0,2-0,6 m | 0,06-0,2 m | <0,06 m | | |
| | Puntuación | | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 | | |
| 4 | Estado de las discontinuidades | Longitud de la discontinuidad | <1 m | 1-3 m | 3-10 m | 10-20 m | >20 m | | |
| | | Puntuación | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 | | |
| | | Abertura | Nada | <0,1mm | 0,1-1,0 mm | 1-5 mm | >5 mm | | |
| | | Puntuación | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | | |
| | | Rugosidad | Muy rugosa | Rugosa | Ligeramente rugosa | Ondulada | Suave | | |
| | | Puntuación | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | | |
| | | Relleno | Ninguno | Relleno duro <5 mm | Relleno duro >5 mm | Relleno blando <5 mm | Relleno blando >5 mm | | |
| | | Puntuación | 6 | 4 | 2 | 2 | 0 | | |
| | | Alteración | Inalterada | Ligeramente alterada | Moderadamente alterada | Muy alterada | Descompuesta | | |
| Puntuación | | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | | | |
| 5 | Agua freática | Caudal por 10m de túnel | Nulo | <10 litros/min | 10-25 litros/min | 25-125 litros/min | >125 litros/min | | |
| | | Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor | 0 | 0-0,1 | 0,1-0,2 | 0,2-0,5 | >0,5 | | |
| | | Estado general | Seco | Ligeramente húmedo | Húmedo | Goteando | Agua Fluyendo | | |
| | Puntuación | | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 | | |
| CORRECCIÓN POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES | | | | | | | | | |
| Dirección y buzamiento | | | Muy favorables | Favorables | Medias | Desfavorables | Muy desfavorables | | |
| Puntuación | Túneles | | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 | | |
| | Cimentaciones | | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 | | |
| | Taludes | | 0 | -5 | -25 | -50 | -60 | | |
| CLASIFICACIÓN | | | | | | | | | |
| Clase | I | | II | III | IV | V | | | |
| Calidad | Muy buena | | Buena | Media | Mala | Muy Mala | | | |
| Puntuación | 100-81 | | 80-61 | 60-41 | 40-21 | <20 | | | |
| CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS | | | | | | | | | |
| Clase | I | | II | III | IV | V | | | |
| Tiempo de mantenimiento y longitud | 10 años con 15m de vano | | 6 meses con 8m de vano | 1 semana con 5m devano | 10 horas con 2,5m de vano | 30 minutos con 1m de vano | | | |
| Cohesión | >4 Kg/cm² | | 3-4 Kg/cm² | 2-3 Kg/cm² | 1-2 Kg/cm² | <1 Kg/cm² | | | |
| Ángulo de rozamiento | >45º | | 35º- 45º | 25º - 35º | 15º - 25º | <15º | | | |

Fuente. Resultados de la investigación.

4. MINERÍA ACTUAL

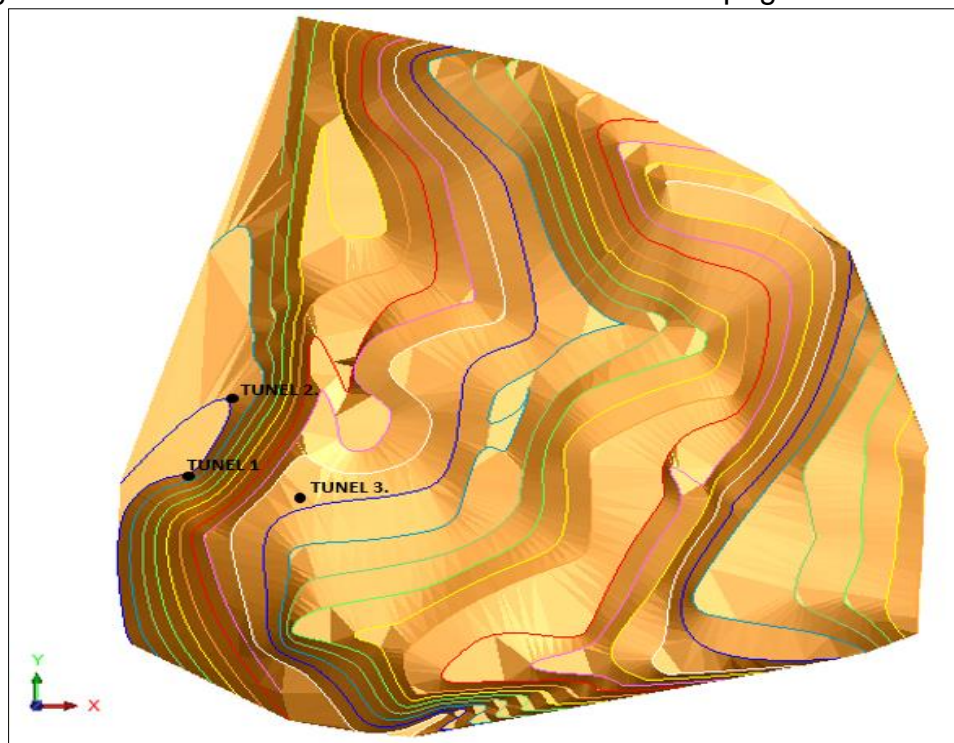
En la mina didáctica del SENA se encuentran 3 bocaminas ubicadas en las siguientes coordenadas.

Bocamina Túnel 1. N = 1125546.10
E = 1130943.80
Z = 2661 m.s.n.m.

Bocamina Túnel 2. N = 1125588.20
E = 1130968.30
Z = 2662.10 m.s.n.m.

Bocamina Túnel 3. N = 1125540.70
E = 1130985.80
Z = 2679.75 m.s.n.m.

Figura 7. Ubicación de las BM. De los túneles en la topografía del terreno.



Fuente: Resultados de la investigación.

La mina Didáctica del Centro Minero cuenta con labores de desarrollo, preparación y explotación aunque no existe un método de explotación como tal, ya que solo se encuentran en avance tambores y diagonales en donde los aprendices realizan sus prácticas según formación. (ver ANEXO E).

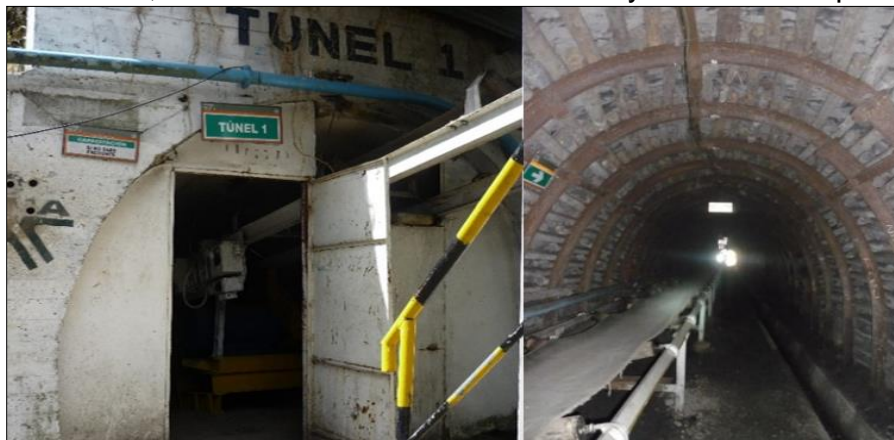
4.1. LABORES MINERAS.

4.1.1. Labores de desarrollo.

Túnel 1. Es una vía principal para el acceso de personal, transporte de mineral e insumos necesarios para la mina. Esta labor tiene una longitud de 210 m. aprox. y un rumbo S 60° E. La entrada está construida en concreto y 10 m. hacia dentro de la labor el sostenimiento cambia a arcos de acero TH de tres secciones con un área libre de 5,2 m². Estos arcos se encuentran separados por tiples en acero con longitud de 1 m., el forro es en madera rolliza con diámetro promedio de 12 cm. a partir de la intersección con la Galería 4 el sostenimiento cambia a puerta alemana, con separación entre puertas de 1 m. hasta el frente de explotación.

Este Túnel cuenta con la banda transportadora que se encuentra instalada desde la Galería 33 hasta la bocamina del túnel con una longitud de 157 m. y monorriel que está instalado desde la Galería 33 hasta el frente del Túnel. La ventilación se realiza con un ducto de 400 mm. A partir de la Galería 3 al frente de explotación y el desagüe se realiza por medio de una cuneta construida en concreto un lado de la vía. (ver figura 8.)

Foto 3. Entrada, Sostenimiento en arco de acero y Banda Transportadora.

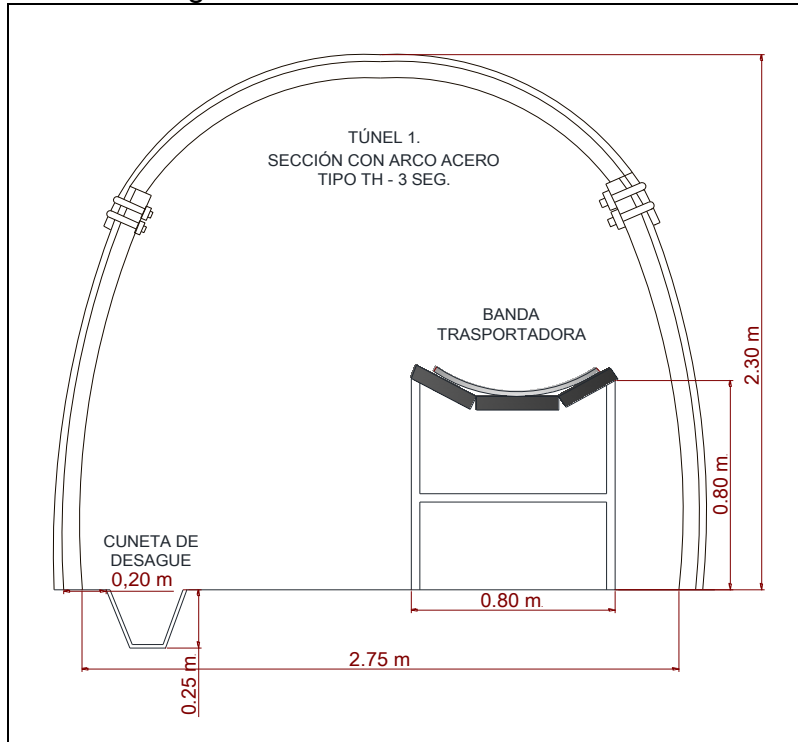


Fuente. Resultados de la investigación.

Túnel 2. Esta labor tiene una longitud de 188 m y una inclinación de 9°, Su rumbo es Sur 60° al Este y se encuentra distante del Túnel 1 por 50 m. y su avance se realizó en roca. La bocamina de esta labor está construida en concreto al igual que la del Túnel 1. El sostenimiento es en arcos de acero tipo TH de tres secciones y un área libre de 5,2 m². con una separación entre arcos de 1 m. y con follo en madera rolliza de diámetro promedio igual a 12 cm.

A lo largo de esta vía se observa el ríe por el cual se desplazan las vagonetas, los nichos de seguridad que se encuentran distantes cada 10 m. Al final de esta labor se encuentra el pozo que almacena el agua que se filtra por las paredes las labores hacia el interior de la mina.

Figura 8. Sección de la vía Túnel 1.



Fuente. Resultados de la investigación.

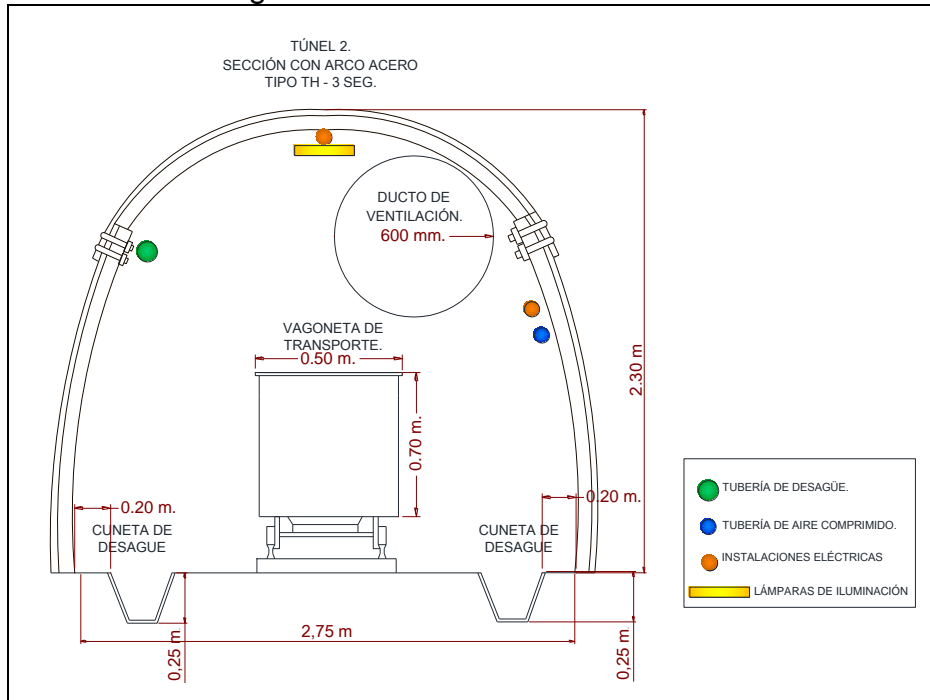
En este túnel también se encuentran ubicados los ventiladores auxiliares soplantes con sus respectivos ductos de 600 mm, la red de aire comprimido, la tubería de desagüe de 2" y las redes de instalaciones eléctricas. El drenaje de la labor se realiza por medio de dos canaletas construidas en concreto a los dos lados de la vía que transportan el agua filtrada hasta el pozo de almacenamiento y la iluminación se realiza con lámparas eléctricas de instaladas cada 18 m. a lo largo del Túnel. (ver figura 9).

Foto 4. Bocamina túnel 2, Sostenimiento en arcos de acero.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 9. Sección de la vía Túnel 2.



Fuente. Resultados de la investigación.

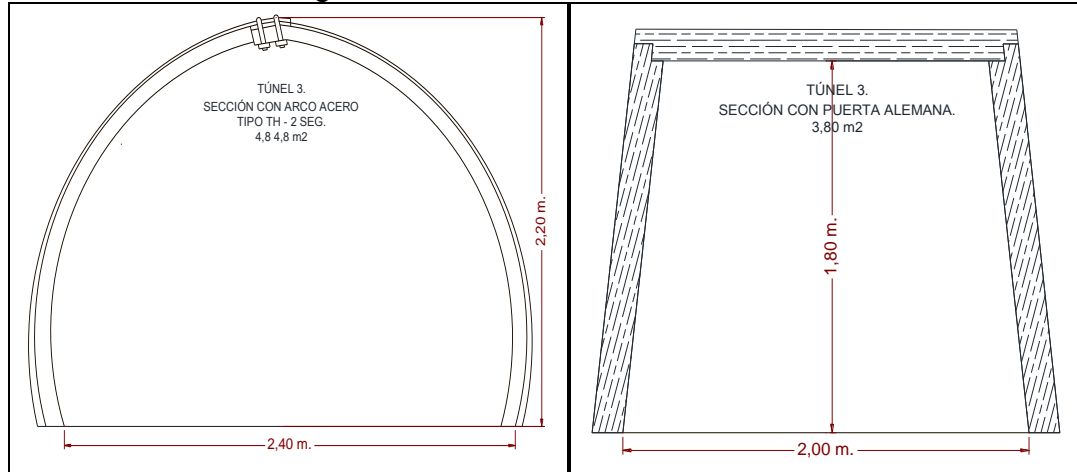
Túnel 3. Esta labor minera es una vía de comunicación entre la Galería 2 Sur y la superficie, va siguiendo la dirección e inclinación del manto 3, tiene una longitud de 82 m, una inclinación de 33° y un rumbo Norte 51° al Este. El sostenimiento es con puerta alemana y arcos de acero TH. Las puertas tienen una área libre de 3.8 m^2 y se encuentran instaladas cada 0,80 m. a lo largo de 72 m de la labor. Los arco de acero TH son de dos secciones con un área libre de $4,8 \text{ m}^2$ que se encuentran instalados en los 10 últimos metros de del túnel. En la bocamina de esta labor se encuentra el ventilador aspirante principal con el que cuenta la mina Didactica del SENA. (ver figura 10).

Foto 5. Bocamina túnel 3. Sostenimiento en arcos de acero.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 10 .Sección de la vía Túnel 3.

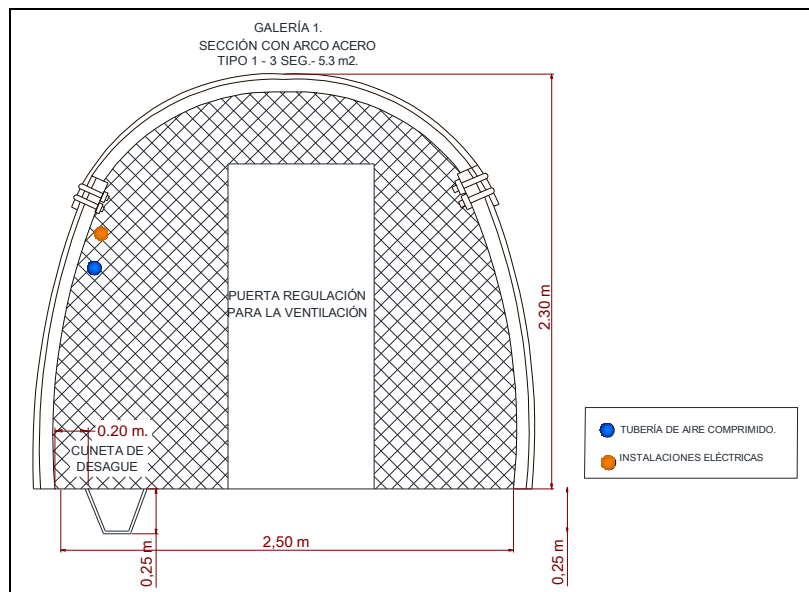


Fuente. Resultados de la investigación.

4.1.2. Labores de preparación.

Galería 1 - G1. Esta labor tiene una longitud de 50 m y su avance se es en roca, el sostenimiento es con arco de acero TH de tres secciones tipo 1, con separación entre arcos de 1 m y un área libre de sección de 5.3 m². forro con madera rolliza de diámetro no superior a 15 cm. En esta labor se encuentran instaladas las puertas de regulación para el circuito de ventilación y la subestación eléctrica que sirve como fuente para la iluminación de la mina. De igual forma a través de esta labor pasan las redes de aire comprimido y la de las instalaciones eléctricas que facilitan estos dos servicios en la parte sur de la mina. (ver figura 11).

Figura 11. Sección de la vía Galería 1.



Fuente. Resultados de la investigación.

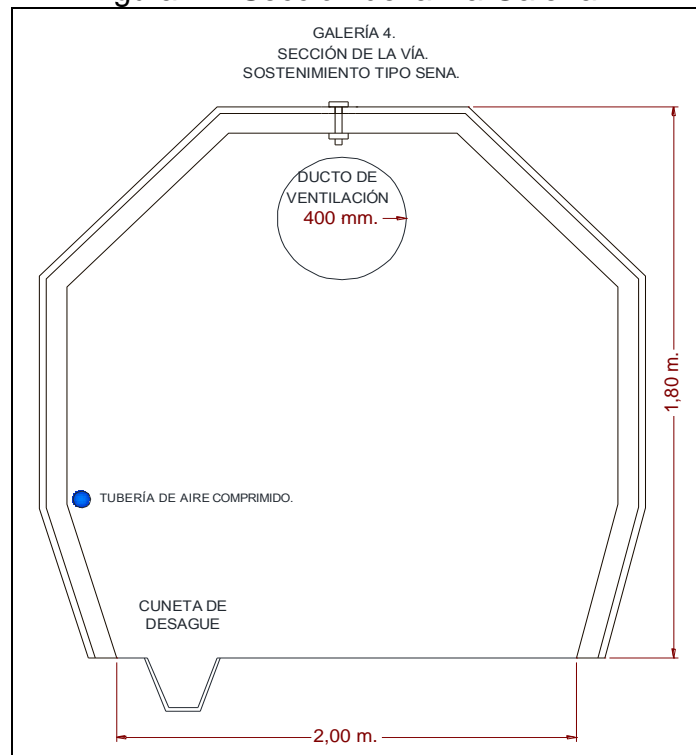
Foto 6. Sostenimiento con arco de acero en la Galería 1.



Fuente. Resultados de la investigación.

Galería 4 – G4. Esta labor tiene una longitud de 61,5 m, su avance se realizó en roca y comunica al Túnel 1 con el Túnel 2. El sostenimiento es con puerta alemana en el tramo que intersecta con el Túnel 2 y con polígonos de acero de dos segmentos o sostenimiento tipo Sena, perfil en I de 4", con una separación entre polígonos de 1 m. y un área de sección de 4,2 m². A lo largo de esta labor se encuentra instalado un ducto de ventilación de 400 mm que sirve para llevar aire fresco hasta el frente de explotación del Túnel 1, la tubería de aire comprimido y cuenta con la cuneta de desagüe. (ver figura 12).

Figura 12 .Sección de la vía Galería 4.



Fuente. Resultados de la investigación.

Foto 7. Galería 4.



Fuente. Resultados de la investigación.

Tambores (131 – 132 – 133). Los tambores se avanzan en la Galería 3 Sur con una separación entre ellos de 11 m. y con longitudes variables. Estos tambores están unidos por diagonales con inclinaciones de 40° . El sostenimiento en cuadro de madera y entre ellos la separación es de 0,80 m aprox.

Foto 8. Sostenimiento en cuadros en los tambores.



Fuente. Resultados de la investigación.

En la Galería 2 Sur se encuentra el tambor de 90° , con una longitud de 12 m. el sostenimiento es con cuadros de madera, cuenta con un ducto de ventilación de 400 mm que lleva aire fresco hasta el frente de esta labor.

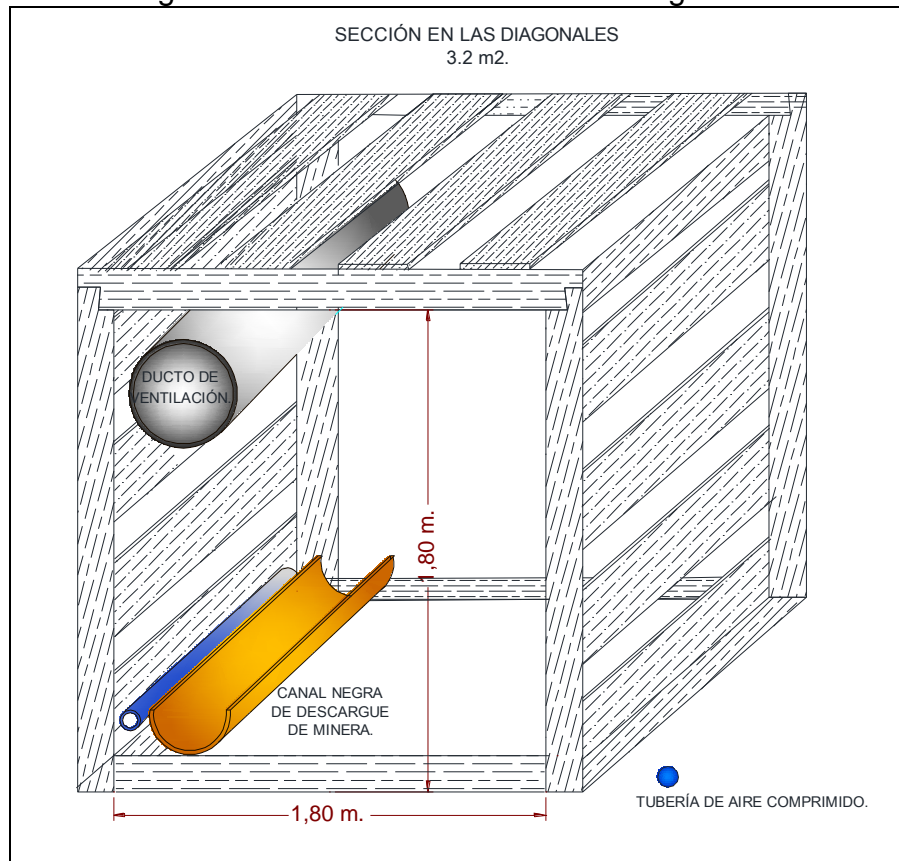
Diagonales. Estas labores se avanzan con una inclinación de 40° , y comunican los Tambores 131 y 132 con una longitud de 6 m. a partir de estas se encuentra en avance la Diagonal 1 Norte que tiene una longitud de 20 m. y una inclinación de 40° . El sostenimiento es con cuadro de madera y forro en tabla en las paredes de la vía. La ventilación al frente se realiza por medio de un ducto de 400 mm. y el descargue del mineral se hace por medio de un canal en novafort que transporta el mineral por gravedad hasta las teclas de descargue (ver figura 13).

Foto 9. Ventilación y Transporte interno en las Diagonales mediante canal negra.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 13. Sección del área en las diagonales.



Fuente. Resultados de la investigación.

Transversal Norte. Esta labor se comunica las Galería 3 Norte con la Galería 4 Norte, tiene una longitud de 20 m. el sostenimiento es con puerta alemana y forro en tabla en techo y paredes, la separación entre puertas varia de 1 a 1.50 mts, aunque existe un tramo de 6 m de la vía que no cuenta con ningún tipo de sostenimiento, en donde se puede decir que el macizo es auto soportante.

En la Galería 2 Sur se encuentra la Transversal Sur que tiene una longitud de 10 m. Esta se comunica con la Galería 3 Sur por medio de un tambor de 3 m. El sostenimiento es en puerta alemana con un área libre de sección 3.8 m^2 y en la intersección de las transversales con las Galerías se encuentran instaladas canastas rellenas. Esta vía presenta grandes niveles de filtración de agua lo que genera inconvenientes en la madera del sostenimiento.

Foto 10. Sostenimiento en la Transversal Norte



Fuente. Resultados de la investigación.

4.1.3. Labores de explotación.

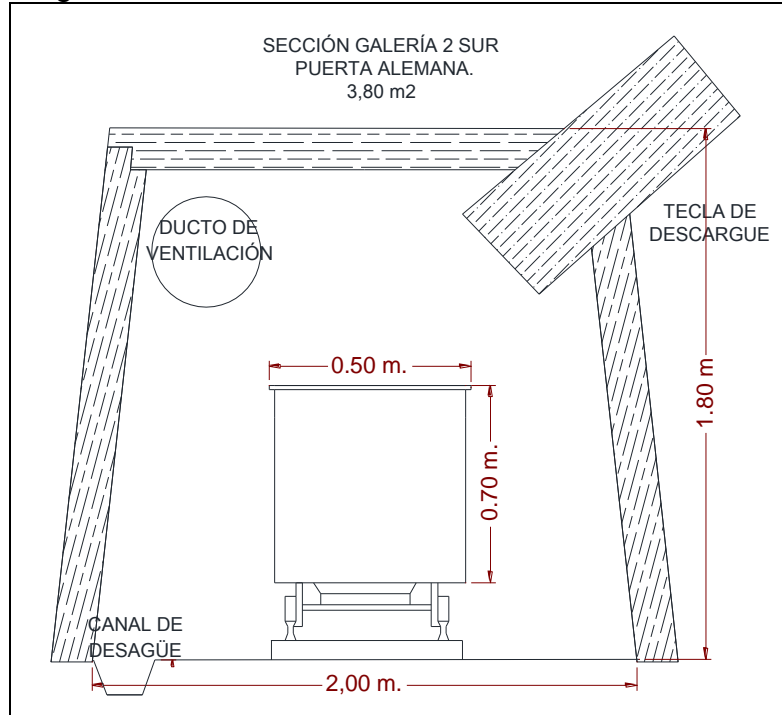
Galería 2 - 2G. Esta labor se avanza por el manto 3 y está dividida en tres sectores denominados de la siguiente manera:

Galería 2 Sur – 2G SUR. Esta labor tiene una longitud de 60 m, el sostenimiento es con puerta alemana con un área libre de sección de 3.8 m^2 y forro en madera rolliza. Sobre esta vía se encuentra el riel por donde se desplaza la vagoneta que recoge el mineral arrancado del tambor de 90° . La ventilación se realiza por medio de un ducto de 600 mm y 5 m más adelante este cambia a 400 mm que es el que lleva aire fresco al tambor que se ubica sobre esta vía. (ver figura 14).

Galería 2 Norte – 2G NORTE. Esta vía tiene una longitud de 32 m. el sostenimiento es con puerta alemana con un área libre de sección de 3.8 m^2 y separación entre puertas que varía de 0.60 m a 0.40 m. y arcos de acero de tres segmentos con un área libre de 5.3 m^2 en los 15 m primeros de la labor. Sobre esta se encuentra instalado el ríe de la vagoneta hasta el frente de la vía, la cuneta de desagüe en concreto construida en los 15 m iniciales de la labor y la ventilación se realiza por un ducto de 400 mm que llega al final de la labor.

Galería 2 - 2G. Esta labor comunica al Túnel 1 con el Túnel 2, tiene una longitud de 50 m. El sostenimiento es con arco de acero tipo 1 de tres secciones y área libre de 5.3 m^2 . La ventilación se realiza por medio de un ducto de 600 mm, cuenta con tubería de aire comprimido, red eléctrica y cuneta de desagüe en los 5 m primeros.

Figura 14. Sección dela vía Galería 2 Sur – 2G SUR.



Fuente. Resultados de la investigación.

Foto 11. Galería 2G - Norte, Galería 2 y Galería 2G – Sur.



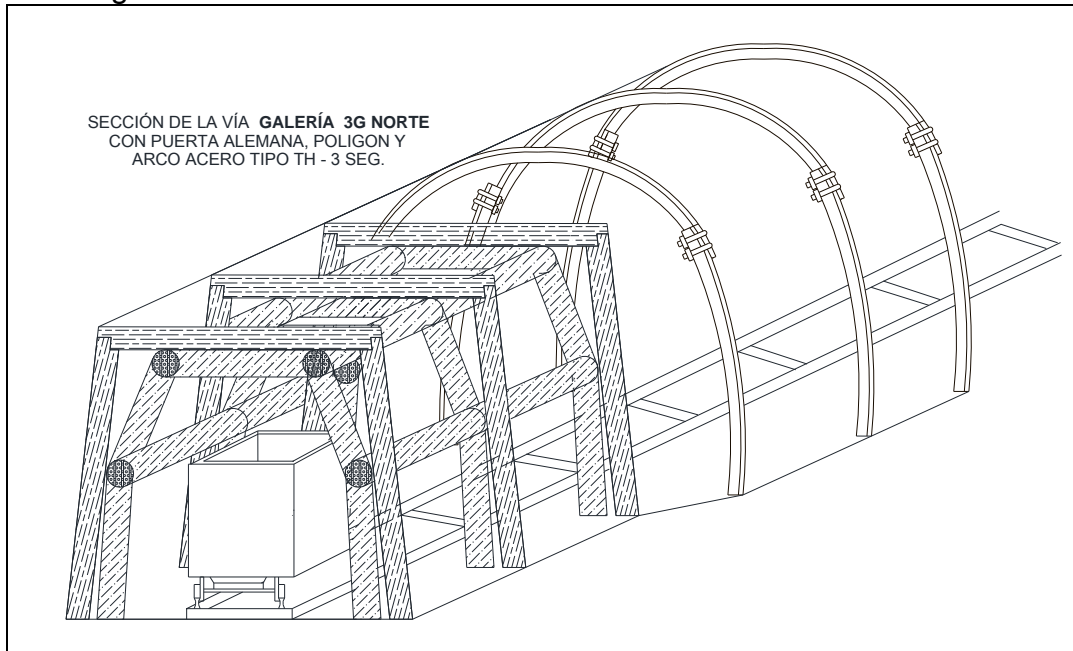
Fuente. Resultados de la investigación.

Galería 3 - 3G. Esta labor va sobre el manto 4 y al igual que la galería 2G se encuentra dividida en tres sectores denominados de la siguiente manera.

Galería 3 Sur – 3G SUR. Esta labor tiene una longitud de 60 m. el sostenimiento es en puerta alemana con un área libre de sección de 3.8 m² y sobre la vía se encuentra ubicada la Panzer, la ventilación se realiza por medio de un ducto de 600 mm. en los primeros metros de la labor y luego se reduce a 400 mm. para ventilar los tambores y diagonales que se ubican sobre esta vía.

Galería 3 Norte – 3G NORTE. Esta labor tiene una longitud de 31 m. el sostenimiento es con puerta alemana, arcos de acero de tres secciones y poligon con cuatro puntos de apoyo y separados por tiples en madera cada 1m. (ver figura 15).

Figura 15. Sección de la vía de la Galería 3 Norte – 3G NORTE.



Fuente. Resultados de la investigación.

Foto 12. Galería 3G - Norte, Galería 3G.

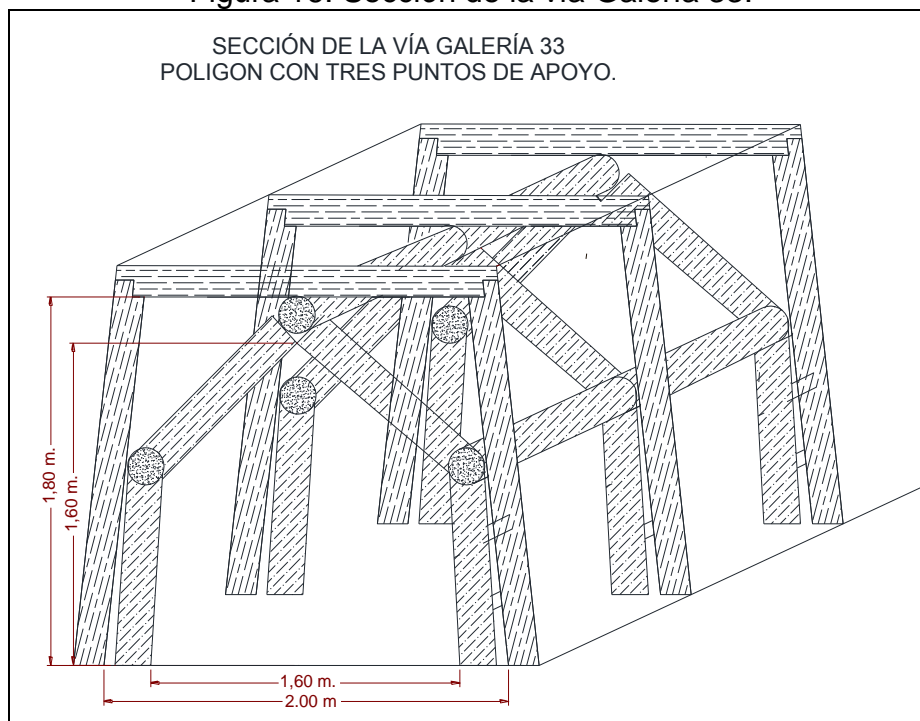


Fuente. Resultados de la investigación.

Galería 3 - 3G. Esta labor tiene una longitud de 50 m. que se ubica entre el Túnel 1 y el Túnel 2. Presenta un sostenimiento con puerta alamana, reforzado con poligon de cinco piezas con área libre 3.7 m². y arcos de acero de tres segmentos. El área de la acción aumenta a 7.2 m² en un tramo de la vía donde se encuentran ubicados diferentes tipos de sostenimiento en madera, los son instalados por los aprendices en un proceso de formación.

Galería 33 – G33 y Galería 33 Sur. Estas labores se encuentran ubicadas entre las Galerías G3 y G4, comunicando al Túnel 1 con el Túnel 2. La Galería 33 tiene una longitud de 50 m, el sostenimiento es con puerta alemán con una sección libre de 3.8 m^2 y poligon con tres puntos de apoyo separados cada 1 m. (ver figura 16).

Figura 16. Sección de la vía Galería 33.



Fuente. Resultados de la investigación.

La Galería 33 Sur tiene una longitud de 15. 50 m. el sostenimiento es con puerta alemana con sección libre de 3.8 m^2 espadas cada 0,50 m debido a la inestabilidad del terreno. En esta labor la presencia de filtraciones de agua son considerables y a la vez la responsable de que el sostenimiento falle a causa de la humedad en la madera.

Foto 13. Galería 33G - Galería 33G - Sur



Fuente. Resultados de la investigación.

4.2. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

En la mina Didáctica del Centro Nacional Minero actualmente no se tiene un método de explotación ya que el avance de las diferentes labores se hace con el objetivo de que los estudiantes aprendices realicen las prácticas de los diferentes módulos de formación. Sin embargo se están avanzando labores como tambores paralelos y diagonales con el fin de preparar un bloque para ser explotado a futuro.

4.2.1 Avance en diagonales. Este depende de la formación que reciben los diferentes grupos de aprendices. En los frentes de las diagonales los estudiantes realizan actividades programadas según su formación, como lo son el arranque que se hace por medio de martillos picadores y en forma manual, instalación del sostenimiento que en este caso es con cuadros madera, avance del ducto de ventilación e implementación de seguridad minera. De esta forma el aprendiz recibe toda la capacitación necesaria para adquirir experiencia en un medio didáctico como es la mina, desarrollando las tareas propias para realizar la organización del frente de explotación.

4.2.1. Dimensiones de la sección de la vía.

Las diagonales tienen una inclinación de 40°.

Ancho del piso = 1.80 m.

Altura total = 1.80 m.

Área útil de 3,2 m².

Sobre esta vía, a medida que se avanza el frente de explotación, también se avanzan el ducto de ventilación, la red de aire comprimido y el canal de descargue de mineral. (ver Figura 17).

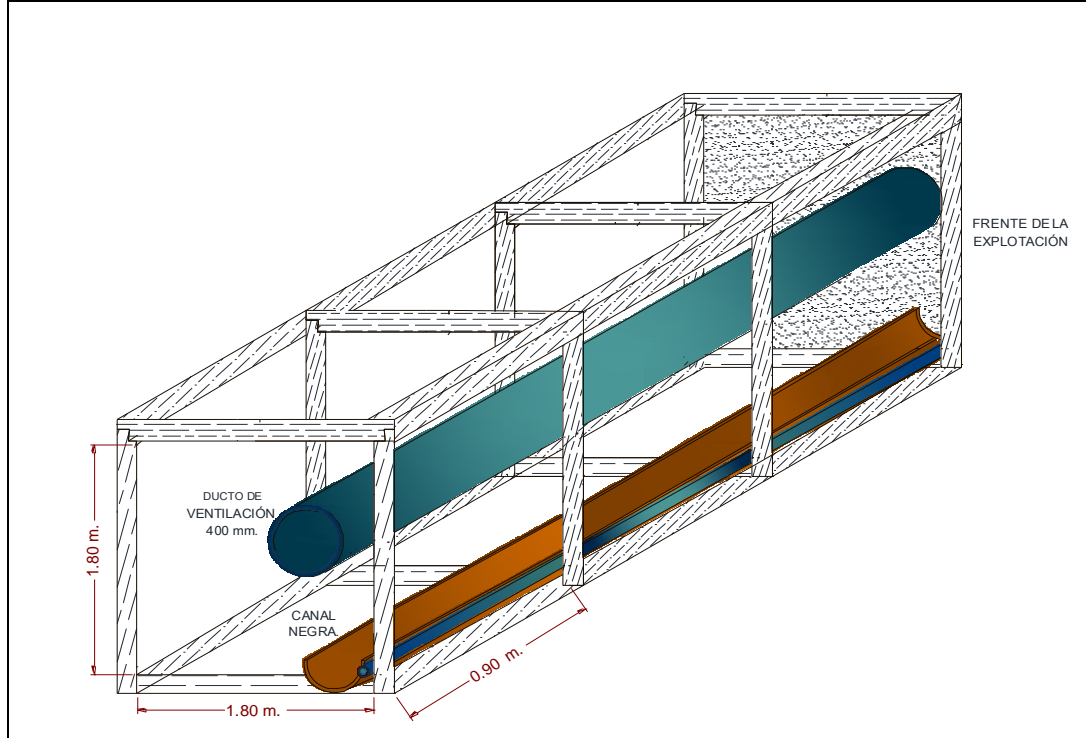
4.2.3. Tareas realizadas en el frente de explotación.

Arranque de mineral. El aprendiz en formación realiza las siguientes funciones:

- Revisa las condiciones de seguridad del frente de explotación y verifica la atmosfera de trabajo antes de realizar cualquier tipo de labor.
- Realiza la instalación del martillo picador verificando que el acople de las mangueras sea el apropiado.
- Realiza el arranque del mineral.
- Desacopla el martillo picador una vez termine el arranque del mineral.
- Realiza el desabombe de mineral suelto en el techo.

Instalación de sostenimiento. El aprendiz antes de ingresar a la labor realiza todas las actividades que tienen que ver con el corte de palancas y Capiz en el patio de maderas, y la instalación del sostenimiento en cuadro se realiza una vez se genera el avance del mineral en el frente de explotación. Cuando se está realizando el arranque el estudiante aprendiz instala un taco en el centro de la vía que le proporciona sostenimiento temporal mientras se realiza esta actividad.

Figura. 17. Sección de la vía en las Diagonales



Fuente. Resultados de la investigación.

Descargue del mineral. Una vez realizado el arranque del mineral el aprendiz realiza el cargue en forma manual de este a un canal en novafort que lo transporta desde el frente de explotación por gravedad hasta las teclas de descargue.

4.3. SERVICIOS A LA MINA

4.3.1. Arranque.

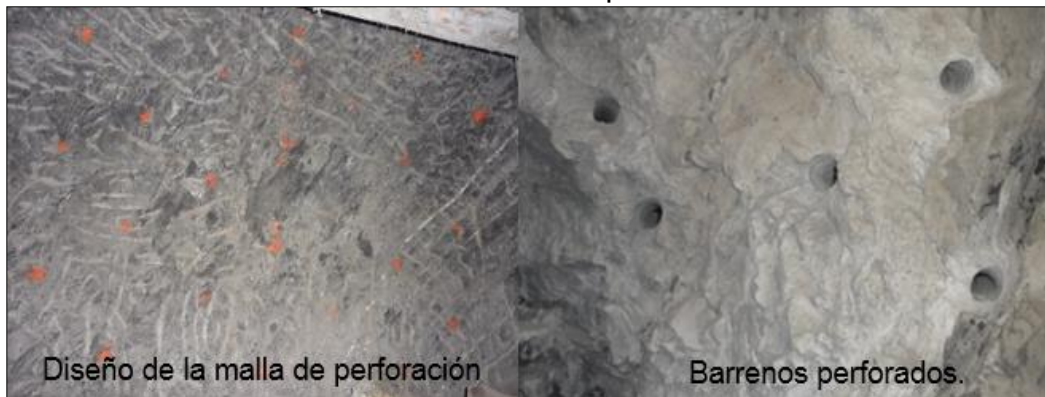
Arranque con voladura. En el avance de las vías de desarrollo y preparación se hace necesaria la perforación con barrenos para dar mayor rendimiento en el avance. Cuando se avanzan Túneles y Galerías en roca este se realiza por medio del sistema de perforación y voladura que es dirigido y controlado tanto por el ingeniero encargado de la mina como del instructor a cargo de la formación de los aprendices. Esta actividad se desarrolla con la perforación de barrenos los cuales son cargados con materiales explosivos y volados posteriormente para arrancar el material y avanzar de esta forma los frentes de las labores. Antes de realizar cualquier tipo de perforación se deben verificar las condiciones y la disponibilidad de aire comprimido y ventilación en el frente.

Los diseños de las mallas de perforación y cálculos de la voladura se realizan de acuerdo al tipo de roca a arrancar, la sección de la excavación, el diámetro de perforación y el tipo de explosivo. En el caso de la mina Didáctica para garantizar la

formación de los aprendices se emplean diferentes diseños entre los que se encuentran:

- Cuele en v.
- Paralelo.
- Espiral.
- Piramidal.
- Triangular.

Foto 14. Barrenos de perforación



Fuente. Resultados de la investigación.

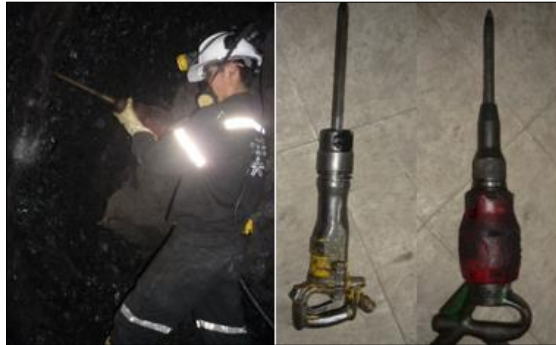
Arranque con martillos picadores. El martillo picador es una herramienta facilita la extracción de la roca o carbón permitiendo un mayor rendimiento que el sistema manual. En el caso de la mina Didactica del SENA, cuando se avanza en mineral el arranque se realiza por medio de martillos picadores, el tipo de varilla utilizada es la integral “Monoblock, hexagonal”. Las brocas más usadas son las rectas y con diámetros pequeños de perforación debido a las ventajas que presenta el terreno al ser compacto.

Actualmente la mina cuenta con 8 perforadoras marca Atlas Copco, tipo semipesado (18.4 kg), RH 571 – 3 L, que permiten un avance de 20 a 50 cm/min dependiendo de las condiciones del frente y del tipo de broca, la presión suministrada y la habilidad del operario que para el caso de la mina del SENA son los aprendices en formación.

El arranque y avance de las labores está directamente relacionado con la formación de los apéndices, ya que estas prácticas se realizan según el cronograma de formación de los diferentes módulos.

4.3.2 Cargue y transporte. El cargue de estéril se realiza en forma manual y en menor proporción el del mineral. El en caso de los tambores el descargue se realiza mediante de teclas y en forma frontal. El descargue de los frentes de las diagonales se realiza por medio de canal en tubo novafort que desplaza el mineral hasta las teclas por medio de la gravedad.

Foto 15. Arranque con martillo picador.



Fuente. Resultados de la investigación.

El transporte se realiza con vagonetas que se desplazan por un riel de acero ubicado en el Túnel 2, las vagonetas son accionadas por medio de un malacate de 60 Hp. ubicado en el patio de la mina. Simultáneamente la mina también cuenta con una banda transportadora ubicada en el Túnel 1, que va desde la Galería 33 hasta la bocamina del Túnel, esta banda tiene una longitud de 157 m y una inclinación de 9°, el mineral transportado se descarga en la tolva de almacenamiento y descargue ubicada en el patio de la mina.

En la Galería 3 Sur se encuentra la Panser o banda transportadora blindada que tiene una longitud de 52 m. a esta cae el mineral que se extraído de los tambores y lo lleva hasta la intersección de esta galería con el Túnel 1 donde se descarga a la banda transportadora por medio de un malacate de 60 Hp. La mina cuenta además con un monorriel que se encuentra instalado en el Túnel 1 a partir de la Galería 33 hasta 5 m. antes del frente del túnel. En el caso de las Galerías se hace uso de las palas para realizar el cargue en forma manual a las carretillas con las que se transportan materiales.

Foto 16. Transporte interno de la mina. (Banda trans. Riel, monorriel Panser)



Fuente. Resultados de la investigación.

4.3.3. Sostenimiento. En las vías principales de acceso a la mina como lo son el Túnel 1 y el Túnel 2, en los 10 primeros metros de estas labores se observa el revestimiento con concreto, con las siguientes dimensiones, la base mayor de 3,50

m y una altura de 2,50 m. luego el sostenimiento continua en estas labores con arcos de acero perfil tipo TH con área libre de $5,3 \text{ m}^2$. Los cuales se encuentran instalados con una separación entre arcos de 1 m. por medio de tiples de acero, en el caso del Túnel 1 a partir de la Galería 4 el sostenimiento cambia a puerta alemán con diente sencillo y forro en madera rolliza.

En el Túnel 3 el sostenimiento en los 10 m iniciales es con arcos de acero de dos segmentos y forrado con madera rolliza de diámetro promedio de 12 cm. y el resto de la vía es sostenida con puerta alemana de diente sencillo y sección trapezoidal con una base mayor de 2,00 m, una base menor de 1,60 m y una altura de 1,80 m para un área libre de $3,80 \text{ m}^2$ y separación entre puertas de 1 a 1,50 m. Aunque hay sectores de la mina en donde el sostenimiento no supera los 0,40 m. de separación.

Cabe resaltar que la mina por su condición de didáctica tiene instalados varios tipos de sostenimientos en las vías. En el caso de las galerías predomina la puerta alemana con diente sencillo y sección trapezoidal, seguido de los arcos de acero de dos segmentos y tres segmentos tipo TH con perfil en forma de U, polígonos con tres y cuatro puntos de apoyo, puerta en madera tipo bacinola y sostenimiento tipo Sena con perfil en I (ver figura 18).

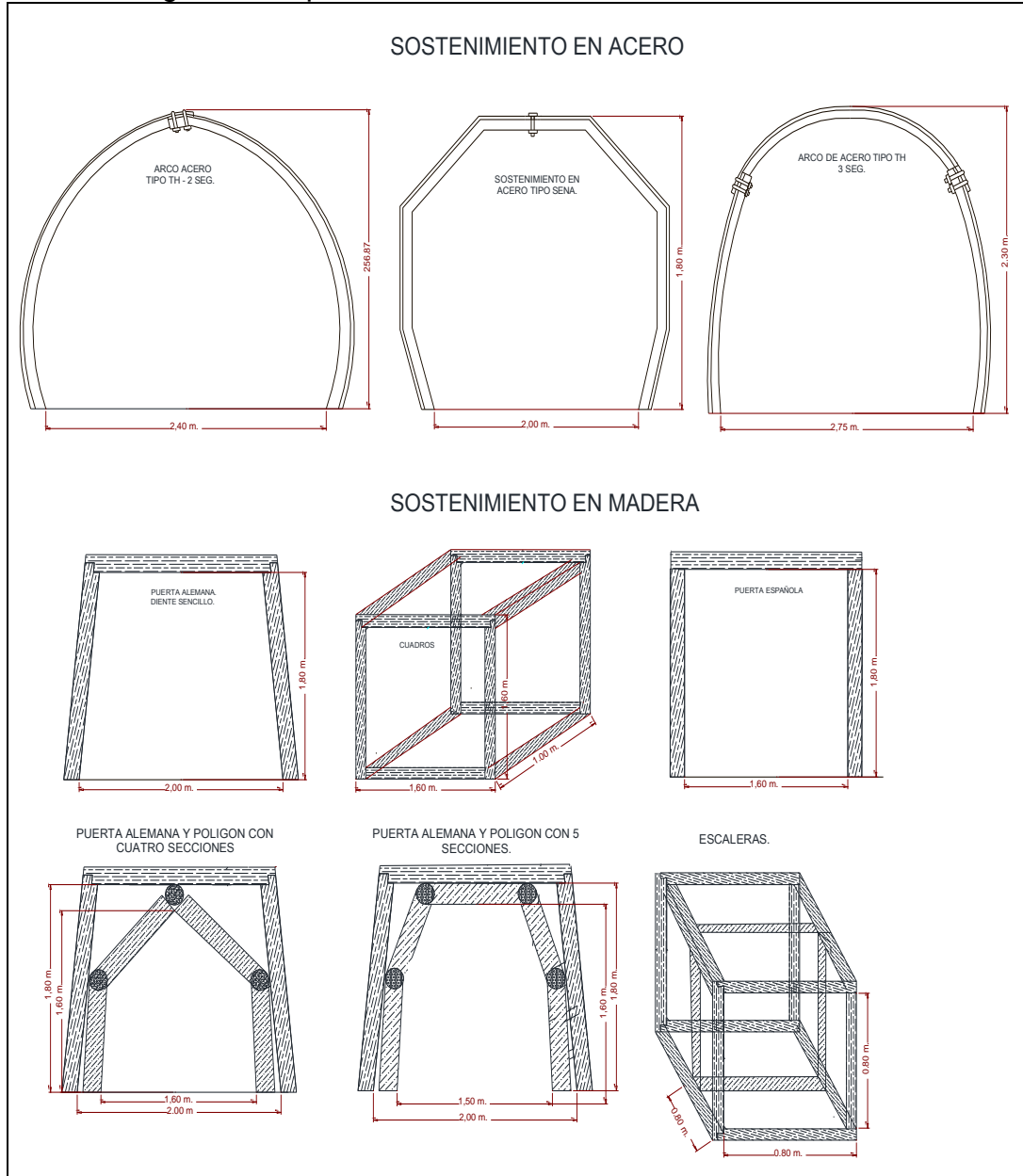
En los tambores el sostenimiento es con escalera con separación cada 0,80 m. utilizando madera rolliza de 0,15 m de diámetro como mínimo. Mientras que en las diagonales es con cuadros espaciados cada 0,90 m. Además se observa que el cruce de las vías hay instaladas canastas rellenas, con dimensiones que no superan el 1 m. de lado y que sirven para contrarrestar las presiones sobre que se concentran en las intersecciones de las labores. El forro se hace con tapas de 1" de espesor y madera de diámetro promedio de 0.12 m. La separación entre los diferentes tipo de sostenimiento varia en las diferentes labores y esta puede ser reducida en la práctica si se encuentran grandes presiones sobre el elemento de sostenimiento, además se pueden instalar soportes adicionales si se consideran necesarios para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Foto 17. Sostenimiento en Arcos de acero, polígonos, canastas.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 18. Tipos de Sostenimiento Mina Didactica SENA.



Fuente. Resultados de la investigación.

4.3.4. Ventilación. La ventilación de la mina Didactica del SENA es combinada, ya que se puede desarrollar un sistema de ventilación natural gracias a la existencia del Túnel 3, que sirve para evacuar los gases producto del avance de las diferentes labores. Además La mina cuenta con un circuito de ventilación en donde la corriente de aire ingresa por el Túnel 2 y es impulsado por dos ventiladores suplantes auxiliares de 10 Hp ubicados a 115 m de la bocamina del túnel. El circuito de ventilación se divide en dos, en donde uno es el que lleva aire fresco a través del Túnel 2 por un ducto de Nylon de 600 mm a la Galería 2 Sur y el cual se bifurca

hasta la Galería 3 Sur para de esta manera suministrar aire fresco a los tambores y frentes ciegos por medio de un ducto de 400 mm.

El otro ducto de ventilación lleva aire fresco desde el Túnel 2 por un ducto de 600 mm, el cual se bifurca en la Galería 2 Norte, disminuyendo su diámetro a un ducto de 400 mm que lleva aire fresco a la transversal Norte y Galería 3 Norte y continúa por la Galería 4 con un ducto de 400 mm que lleva aire fresco al frente del Túnel 1.

El aire viciado es evacuado por el Túnel 3 en donde se encuentra ubicado un ventilador principal axial aspirante de 25 Hp. Para regular el aire y garantizar el circuito de ventilación se encuentran instaladas puertas reguladoras en las galerías G1, G2, G33 construidas en madera para obstruir el paso del aire. De igual forma se encuentran instaladas puertas metálicas ubicadas en las entradas de los túneles 1 y 2 permitiendo el paso tanto del riel como la banda transportadora sin provocar corto del circuito en la ventilación de la mina.

Para garantizar que los aprendices, visitantes y trabajadores de la mina cuenten con una atmosfera de trabajo apropiada se realizan mediciones de gases dos veces en la jornada de trabajo. Una en las horas de la mañana y la otra en las horas de la tarde. El reporte se registra en los diferentes tableros de control que se encuentran instalados en las diferentes vías de la mina.

En el cuadro 7 se muestran los resultados de los aforos de ventilación realizados en la diferentes labores de la mina, en este su tuvo en cuenta la velocidad del aire, el área de la sección, la temperatura y la presencia o ausencia de gases tóxicos.

Foto 18. Ventilador auxiliar, bifurcación del ducto y puerta reguladora.



Fuente. Resultados de la investigación.

4.3.5 Desagüe: el sistema de desagüe comprende el conjunto de labores destinadas recoger, transportar, almacenar y evacuar a superficie el agua que se filtra hacia el interior de la mina, para ser sometida a un proceso de tratamiento antes de realizar el vertimiento a un afluente.

Cuadro 7. Aforos de ventilación Mina Didactica del SENA.

| HORA DE MEDIDA | ESTACION | AREA (m2) | Vel. (m/min) | Vel. (m/seg) | CAUDAL (m3/min) | Ts (°C) | Th (°C) | Te (°C) | HR (%) | O2 | CO | CH4 | H2S | OBSERVACIONES |
|----------------|--|-----------|--------------|--------------|-----------------|---------|---------|---------|--------|------|----|-----|-----|---------------|
| 8:30 | 1 (Patio Mina – B.M. Túnel 2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 13 | 0 | 62,5 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 8:35 | 2 (Túnel 2, antes de G. 1) | 5,2 | 92,4 | 1,54 | 480,48 | 16 | 14 | 13,06 | 64,9 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 8:50 | 3 (Túnel 2, Entre G. 1 y 2, antes vent. aux.) | 4,7 | 82,2 | 1,37 | 386,34 | 16 | 14 | 13,23 | 75 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 9:15 | 4 (G. 33, a 5 m de Túnel 2) | 3,8 | 96 | 1,6 | 364,8 | 15 | 14 | 12,7 | 76 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 9:30 | 5 (G. 4, a 5 m de Túnel 2) | 2,6 | 66 | 1,1 | 171,6 | 15 | 14 | 13,2 | 80 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 9:45 | 6 (Túnel 1, entre G 2 y 3) | 5,2 | 16,8 | 0,28 | 87,36 | 15 | 14 | 14,02 | 83 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 9:55 | 7 (Túnel 1, entre G. 1 y 2) | 5,2 | 16,02 | 0,267 | 83,304 | 15 | 14 | 14,03 | 82 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 10:05 | 8 (G. 2 Sur, estación de medida) | 3,8 | 17,4 | 0,29 | 66,12 | 17 | 16 | 16,01 | 88,5 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |
| 11:00 | 9 (Túnel 3, estación de medida) | 3,8 | 174 | 2,9 | 661,2 | 15 | 14 | 11,4 | 84 | 20,9 | 0 | 0 | 0 | |

Fuente. Resultados de la investigación.

OBSERVACIONES.

1. La medición se realizó con el ventilador principal prendido y una vez apagado el ventilador principal el circuito de ventilación natural es inestable ya que en ocasiones no se registra flujo de aire.
2. El caudal aproximado que pasa por el circuito principal de ventilación de la mina es de $502 \text{ m}^3/\text{min}$, que permiten satisfacer las necesidades de respiración para 85 personas a la vez en las instalaciones de la mina en bajo tierra.

El sistema de desagüe de la mina didáctica del SENA consta de un pozo de almacenamiento ubicado al final del túnel 2 y con capacidad para almacenar 60 m³ de agua y una serie de canales en concreto construidas a los costados tanto en Galerías como en el Túnel 1 y Túnel 2, que se encargan de transportar el agua filtrada hacia el interior de la mina que procedente de la quebrada las Torres y de algunos drenajes menores; en promedio el caudal que ingresa al pozo es de 7 l/min. En la Galería 3 Sur se encuentra un segundo pozo que recoge el agua que se filtra por la transversal Sur y con menor capacidad de almacenamiento. El bombeo se realiza a diario por 2 horas.

Cerca al pozo de almacenamiento del Túnel 1 se encuentra una electrobomba con la que se bomba el agua a superficie a través de 250 m. de tubería de desagüe metálica de 2" de diámetro. El agua en superficie es tratada con un sistema de aireación que costa de una torre con cinco bandejas, dos de las cuales son ciegas y tres perforadas, estas tres últimas están llenas de caliza y coque que sirven para filtrar el agua. Cuando el agua circula a través de estas bandejas al caer de una a la otra se rompe la tensión superficial que tiene el agua permitiendo de esta manera capturar la mayor cantidad de oxígeno, después de este proceso de aireación el agua pasa al tanque depositario y de sedimentación donde es almacenada por un tiempo prudente mientras se sedimentan las partículas de hierro inactivo y material arcillo que trae el agua en suspensión, una vez se decantan estas partículas el agua es vertida a la quebrada que pasa por los linderos de la mina del SENA.

La mina cuenta con dos tipos de bombas, una estacionaria centrífuga VELOVAC ubicada en el pozo principal y está diseñada para realizar operaciones bajo tierra capaz de bombear sólidos en suspensión con agua y mezcla de lodos pesados. Esta es impulsada con un motor eléctrico de 20 a 50 Hp. la otra de bomba es de tipo móvil sumergible FLYGH que se usa en el pozo de la galería 3 Sur y puede bombear agua con contenido de partículas abrasivas.

Foto 19. . Electrobomba, pozo de bombeo y torre de aireación.



Fuente. Resultados de la investigación.

Para realizar el cálculo para la instalación de las bombas se tiene en cuenta los siguientes criterios.

- El accionamiento.
- Perfil de accionamiento (Vertical u horizontal).
- El caudal de agua a evacuar.
- El tipo de bomba si es de desplazamiento o centrífuga.
- La calidad del agua a tratar.
- La altura de elevación a llevar el equipo.
- La longitud horizontal de aspiración.
- La longitud de impulsión.
- La tubería y especificaciones de esta.
- El tipo de motor a utilizar.

Inicialmente se conoce que el pozo de almacenamiento tiene una capacidad para almacenar 60 m^3 , pero en sí, el área de la vía, la longitud del depósito y la altura máxima del nivel del agua permiten almacenar una capacidad de 56 m^3 como máximo para no generar rebose e inconvenientes en este sector de la mina.

Para hallar la potencia de la bomba es necesario determinar las pérdidas primarias y secundarias que se presentan en la tubería de conducción, determinar el caudal, el diámetro de la tubería y el número de Reynolds, la cabeza neta de succión positiva de la bomba, las pérdidas primarias y secundarias en la tubería de succión, la cabeza dinámica del sistema y mínima de la bomba para de esta manera determinar la potencia teórica requerida por el sistema.

En los siguientes cuadros se encuentran los resultados obtenidos para los parámetros mencionados anteriormente.

Cuadro 8. Determinación de las pérdidas primarias y secundarias de la tubería de conducción.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | SÍMBOLO | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|---|---------|--------------|---------------------------------------|-----------|
| Longitud de la tubería | L | M | L | 250 |
| Longitud equivalente por accesorios | LE | M | LE | 18 |
| Longitud total de la tubería diámetro de 2" | LT | M | LT | 268 |
| Reynolds calculado por concepto de hidráulica | Re | adimensional | $Re = d \cdot v / V$ | 496774 |
| Diámetro interno de la tubería | d | M | D | 0,0438 |
| Velocidad del fluido por la tubería | v | m/s | $v = Q/A$ | 10,14 |
| Aceleración de la gravedad | g | m^2 | G | 9,81 |
| Coeficiente de rugosidad absoluta. | k | mm | K | 0,25 |
| Rugosidad absoluta. | m | adimensional | $m = k/d$ | 0,00571 |
| Factor de fricción | f | adimensional | | 0,02 |
| Perdida de energía debido a la fricción | hl | M | $hl = (f) \cdot (L/D) \cdot (v^2/2G)$ | 17,814 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 9. Determinación del caudal, diámetro de la tubería y número de Reynolds.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | SÍMBOLO | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|---|---------|--------------|-----------------------------|-------------|
| Flujo en volumen de agua (caudal) | Q1 | m^3/h | W/1000 | 55 |
| Flujo en volumen de agua (caudal) | Q2 | m^3/s | W/1000 | 0,0153 |
| Flujo en volumen de agua (caudal) | QL | lt/min | $QL = (Q2 \cdot 1000) / 60$ | 918 |
| Diámetro de la tubería | d | m | D | 0,0438 |
| Área de la sección transversal del ducto | A | m^2 | $A = \pi \cdot d^2 / 4$ | 0,00151 |
| Velocidad del fluido por la tubería | v | m/s | $v = Q/A$ | 10,14 |
| Viscosidad cinética del agua | V | m^2/s | V | 0,000000894 |
| Reynolds calculado por concepto de hidráulica | Re | adimensional | $Re = d \cdot v / V$ | 496774 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 10. Determinación de la cabeza neta de succión positiva de la Bomba.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | SÍMBOLO | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|---|---------|----------|------------------------------------|-----------|
| Cabeza de presión estática aplicada al fluido | hps | m | Hsp | 1,4 |
| Diferencia de alturas desde el pozo hacia la entrada a la bomba | hps | m | Hsp | 2 |
| Perdida por fricción en la tubería de succión. | Hf | m | Hf | 2,35 |
| Presión del vapor del líquido a la temperatura de bombeo | hvp | m | Hvp | 1,5 |
| Cabeza neta de succión positiva disponible | NPSHd | m | $NPSHd = hsp - h_s + h_f + h_{vp}$ | 3,24 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 11. Determinación de las pérdidas primarias y secundarias de la tubería de succión.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | SÍMBOLO | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|--|---------|--------------|---------------------------------------|-----------|
| Longitud de la tubería. | L | m | L | 3 |
| Longitud equivalente por accesorios | LE | m | LE | 2 |
| Longitud total de la tubería 3" | LT | m | LT | 5 |
| Reynolds calculado por concepto de hidráulica. | Re | adimensional | $Re = d \cdot v / \nu$ | 856312 |
| Diámetro interno de la tubería | D | m | D | 0,0755 |
| Velocidad del fluido por la tubería | V | m/s | $v = Q/A$ | 10,14 |
| Aceleración de la gravedad | G | m^2/s | G | 9.810 |
| Coeficiente de rugosidad absoluta. | K | mm | K | 0,25 |
| Rugosidad absoluta | M | adimensional | $m = k/d$ | 0,00331 |
| Factor de fricción | F | adimensional | F | 0,028 |
| Perdidas de energía debido a la fricción. | hl | m | $hl = (f) \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g)$ | 2,35 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 12. Determinación de la cabeza dinámica (ha) del sistema y mínima de la bomba.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|--|----------|--|-----------|
| Presión del punto cero (succión de la bomba) | N/m^2 | Po | 0 |
| Presión del punto uno (descarga de la bomba) | N/m^2 | P1 | 16000 |
| Peso específico del fluido a bombear. | N/m^2 | Wf | 10500 |
| Perdidas de energía debido la fricción (por instalación de tuberías) | m | $h_l = (f) \cdot (L/D) \cdot (V^2/2g)$ | 17,81 |
| Velocidad en el punto de succión. | m/s | v0 | 1,69 |
| Velocidad en el punto de descarga. | m/s | v1 | 1,69 |
| Aceleración de la gravedad | m/s^2 | G | 9,81 |
| Altura de referencia al punto de succión. | m | z0 | 0 |
| Altura de referencia al punto de descarga de la bomba. | m | z1 | 15 |
| Cabeza de presión (energía de presión) | m | $CP = (p1-p0/Wf)$ | 1,52 |
| Cabeza de velocidad (energía cinética) | m | $CV = (v1-v0/2g)$ | 0 |
| Cabeza de altura (energía potencial) | m | $CH = (z1 - z0)$ | 15 |
| Altura dinámica de la bomba (cabeza dinámica) | m | $Ha = CP+CV+CH+h_l$ | 34,34 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 13. Determinación de la potencia teórica requerida por el sistema.

| DESCRIPCIÓN DEL DATO. | UNIDADES | FÓRMULA PARA EL CALCULO | RESULTADO |
|---|---------------|----------------------------|-----------|
| Caudal mínimo a impulsar por la bomba | m^3/s | Q | 0.0153 |
| Altura dinámica de la bomba (cabeza dinámica) | m | $Ha = CP+CV+CH+h_l+h_l$ | 34,34 |
| Peso específico del fluido a bombear | N/m^3 | Wf | 10500 |
| Potencia teórica requerida por el sistema. | $N \cdot m/s$ | $pot=Wf \cdot Ha \cdot Q$ | 5508,38 |
| Potencia requerida por el sistema | HP | $potr=Wf \cdot Ha \cdot Q$ | 7,3869 |
| Potencia teórica de la bomba. | HP | $PT = Potr/0.6$ | 12,31 |

Fuente. Resultados de la investigación.

Según los datos calculados la cabeza dinámica de la bomba es de 34,3 m, el caudal mínimo que esta puede impulsar es de $0,0153 \text{ m}^3/\text{s}$. y la potencia calculada es de 12, 31 HP. Lo que demuestra que la bomba estacionaria centrifuga VELOVAC de 15 HP, con capacidad para tratar un caudal de $0,0055 \text{ m}^3/\text{s}$ que se encuentra instalada en la mina actualmente tiene la capacidad de evacuar el agua del pozo de almacenamiento.

4.3.6 Iluminación. A lo largo del Túnel 1 y Túnel 2 se encuentran instaladas lámparas eléctricas incandescentes cada 18 m y en las galerías G1 Y G2 cada 10 m. estas lámparas son alimentadas por medio de cables de energía que se encuentran ubicados en la parte superior derecha de las vías y a la vez estos se encuentran conectados a los trasformadores eléctricos que se encuentran en la mina. Además de este tipo de iluminación la mina del SENA cuenta con un stand de 70 lámparas mineras personales con cargador marca TJL, 50 lámparas mineras con cargador marca BOZZ y 10 lámparas de casco, batería Joining KL4LM C. Iluminación led que son prestadas tanto a los trabajadores alumnos como a los visitantes de la mina.

Estas lámparas se caracterizan porque tiene un tamaño pequeño, son ligeras en el peso, la intensidad luminosa mínima es $>3000\text{Lux}$ en la distancia del 1m. Puede durar 20 horas en uso continuo. La batería se encuentra en una caja sellada, la cual tiene una protección en cortos circuitos eléctricos, el encendido y apagado es automático y tiene una vida útil de 800 ciclos.

Foto 20. Iluminación interna de la mina y stand de lámparas mineras.



Fuente. Resultados de la investigación.

4.3.7. Sistema de energía. La energía necesaria para el funcionamiento de los diferentes equipos e iluminación es controlada a través de una subestación eléctrica principal que se encuentra en superficie y dos en bajo tierra ubicadas en las galerías G1 y G2. La subestación eléctrica principal recibe las líneas de 13200 V y las transforma a 440 y 220 V por medio de dos transformadores de 500 KVA y 150 KVA respectivamente.

4.3.8. Seguridad e higiene minera. Puede definirse como el conjunto de actividades de diferente orden regidas por una parte legal, otra técnica, económica y una humana de gran interés en donde el objetivo primordial es preservar la vida y proteger a las personas de cualquier tipo de lesión, el yacimiento, los materiales y equipos de gran importancia y valor económico de la mina.

En el caso de la mina del SENA este control se realiza en forma continua y en gran parte está a cargo del ingeniero responsable de la mina, de los técnicos trabajadores y de la persona encargada de la seguridad o salud ocupacional. En esta mina por su condición de didáctica se tiene en cuenta la seguridad en todos sus aspectos, el monitoreo de los gases se realiza de manera detallada por todas las labores mineras antes de realizar el ingreso del personal visitante y alumnos practicantes; de igual forma se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo en los diferentes equipos para evitar posibles daños y accidentes.

La mina cuenta además con un sistema de señalización adecuado que identifica cualquier tipo de riesgo, labor, plano de ubicación y ruta de evacuación en caso de emergencia, entre otros. El uso de los elementos de protección personal como casco de seguridad, gafas de seguridad, guantes de carnaza, tapabocas, tapa oídos, overol de dos piezas con reflectivos en pecho y espalda, botas punta de acero, son obligatorios y solo pueden ingresar a la mina las personas que los empleen en su totalidad.

Foto 21. Señalización de la G1, Subestación eléctrica y salvavidas en el Túnel 2.



Fuente. Resultados de la investigación.

4.4. INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES EN SUPERFICIE.

La mina del SENA presenta una completa infraestructura en superficie que abarca un área de 4 hectáreas y 8.50 m², sobre esta se encuentra ubicados el patio de la mina en donde se encuentra la sala de compresores, el taller de instrucción, la tolva de descargue de mineral y estéril, el patio para madera, la zona de aulas y laboratorios, zona de talleres de instrucción para los alumnos en formación de maquinaria pesada, la zona de recreación y parqueo y la zona administrativa del Centro Minero (ver Anexo F).

Foto 22. Patio de la mina e instalaciones del C.N.M.



Fuente. Resultados de la investigación.

4.5. EQUIPOS MINEROS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

4.5.1. Equipos mineros utilizados en bajo tierra.

Perforadora rotopercutante. Estos equipos son marca atlas Copco, tipo semipesado RH 571 – 31, con un peso de 18.4 Kg y una longitud de 580 mm. Trabaja con una frecuencia de 2000 golpes/min. Velocidad de rotación de 50 rev/min y un avance de 20 a 50 cm/min, dependiendo principalmente de la agilidad del trabajador minero.

Soportes neumáticos para los martillos picadores. Estos equipos son de tipo BMK 55S, tienen un peso promedio de 18,3 Kg. Una longitud rígida de 1,38 m. con una longitud de avance de 0,9 m y un diámetro del pistón de 53 mm.

Bomba flygh. Tiene una potencia de 10 H, con accionamiento eléctrico y tipo sumergible. Tiene una conexión de descargue de 75 y 100 mm y trabaja con un motor de 1100 y 550 voltios. 2900 r.p.m. y tiene un peso promedio de 79.5 kg.

Bomba velovac. Esta bomba tiene una potencia de 15 Hp. Maneja un caudal de bombeo de 20 m³ /min, con un diámetro de entrada de 3” y un diámetro de salida de 2”.

Ventilador principal. Este ventilador es de tipo axial aspirante marca AEREX, tiene una potencia en el motor de 18.5 Kw y trabaja con un voltaje requerido de 1000 – 1100 vol. y 2920 r.p.m. el diámetro es de 1000 mm y tiene un peso de 420 kg y una frecuencia de 60 Hz.

Ventilador auxiliar. La mina cuenta con dos ventiladores de este tipo, son ventiladores axiales soplantes marca ENGAR. Trabajan con una potencia en el motor de 7.5 Kw y con un voltaje requerido de 500 – 550 vol. y 2900 r.p.m. el diámetro es el 600 mm y tienen un peso de 280 kg cada uno.

Banda transportadora. Es modelo SDKse -250, trabaja con un motor de 60 Hp y 4 polos y 1800 r.p.m. trabaja con una frecuencia de 60 Hertz y una velocidad de 3.2 m/seg. Tiene un ancho de cinta de 660 mm, el ancho de la estructura es de 1068 mm. La estructura es flexible de 3 m de largo en cada riel y emplea una tensión de alimentación de 440 volt, el rendimiento de 200 ton /hr.

Transportadora blindada. Este equipo es modelo PF1, trabaja con una potencia de 65 Hp y un rendimiento de 200 ton /hr. El ancho es de 60 mm y consta de 2 ramales de cadena de 18 mm que trabaja con una velocidad de 0.8 m/seg. Velocidad de reductor de 14 mm/min. Tiene una capacidad de transporte de 200 ton/hora y una longitud de 60 m y para su funcionamiento necesita una tensión de 440 volt.

Malacate pick rose 1. Tiene un peso de 1515 kg trabaja con una potencia del motor de 35 Hp y una tensión de 400 volt. Su capacidad de tambor con cable de 5/8" de 597 m.

Malacate pick rose 2. Tiene un peso de 2515 kg, potencia del motor de 45 Hp y un rendimiento de 6 ton/ hr. La tensión de alimentación es de 400 volt y trabaja con dos velocidades.

Vagonetas. Esta tiene una capacidad de 0.75 m³ y son de volteo lateral. El ancho del riel es de 0.70 m y tiene una distancia entre ejes de 0.70 m.

Compresor diesel. Este equipo es modelo DR365 ingersoll rand. Motor 714045 c Detroit diésel. La capacidad es de 365 ft^3/min con aspas o aletas. La presión normal es de 100 PSI (7.03 Kg/cm^2).

Compresor eléctrico. Modelo AAS – 75 Godfrey, trabaja con un motor 575/3/60 factory packaged, la capacidad es de 342 ft^3/min . Es un compresor de tornillo helicoidal y trabaja con una presión normal de 100 PSI (7.03 Kg/cm^2).

4.5.2. Programa de mantenimiento. Considerando las condiciones de trabajo a las que están sometidos los equipos utilizados en las labores mineras se hace necesario establecer un plan y programa de mantenimiento preventivo y correctivo para estos equipos, que permita su adecuado funcionamiento y para que no presenten fallas repentinas que interfieran con el cronograma de las actividades de formación propuestas.

En el caso de la mina del SENA este programa de mantenimiento para los equipos se realiza de manera programada y teniendo en cuenta los requerimientos necesarios de cada uno de ellos.

Cuadro 14. Descripción del mantenimiento de los equipos.

| EQUIPO | CLASE Y DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO | | AREA DE UBICACIÓN | LAPSO DE MANTENIMIENTO |
|-------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|------------------------|
| | MECÁNICO | ELECTRÓNICO | | |
| Banda transportadora | Alineación | Reparación del control | Túnel 1. | 1 año. |
| | Lubricación | | | |
| | Centrado | | | |
| | Pintura | | | |
| | Tensionado | | | |
| Transportadora blindada | Alineación | Mantenimiento del circuito del centro y la potencia | Galería 3 Sur | 1 año. |
| | Lubricación | | | |
| | Limpieza | | | |
| | Pintura | | | |
| Ventilador principal | Lubricación | Mantenimiento del circuito de potencia | Túnel 3. | 1 año. |
| | Pintura | | | |
| | Limpieza | | | |
| Ventiladores auxiliares | Lubricación | Mantenimiento del circuito de potencia | Túnel 2. | 1 año. |
| | Limpieza | | | |
| | Pintura | | | |
| Electrobomba principal | Lubricación | | Pozo de bombeo | Semestral |
| | Cambio de cellos | | | |
| | Pintura | | | |
| Electrobomba flygh | Lubricación | Conexión | Pozo galería 3. | Semestral |
| | Cambio de cellos | | | |
| | Pintura | | | |
| Malacates | Limpieza | Adecuación del control y circuito de control. | Mina y patio de la mina | Bimensual |
| | Lubricación | | | |
| | Pintura | | | |
| Perforadoras eléctricas | Cambio de rodamientos | Reparación general | Almacén | Semestral |
| | Lubricación | Cambio de escobillas | | |
| | Pintura | | | |

Fuente. Resultados de la investigación.

Cuadro 14. Descripción del mantenimiento de los equipos. (Continuación)

| EQUIPO | CLASE Y DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO | | ÁREA DE UBICACIÓN | LAPSO DE MANTENIMIENTO |
|---|--|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | MECÁNICO | ELECTRÓNICO | | |
| Compresor eléctrico GOODFREY | Lubricación | Revisión de protección de aislamiento | Sala de compresores patio mina | Semestral |
| | Limpieza | | | |
| | Cambio de filtros | | | |
| Compresor DIESEL | Lubricación | Revisión cargador de batería | Sala de compresores patio mina | Semestral |
| | Limpieza | | | |
| | Pintura | | | |
| | Revisión cilindro | | | |
| Equipo de perforación | Limpieza | | Almacén | Semestral |
| | Pintura | | | |
| | Cambio de repuestos | | | |
| Mantenimiento general de herramientas | Cambio de empates | | Almacén | Bimestral |
| | Afilados | | | |
| Lámparas de alumbrado eléctrico en las vías | Recuperación | Reparación general | Túnel 1, Túnel 2 y Galería 1. | Bimensual |
| | Limpieza | | | |
| | Pintura | | | |
| Red de aire comprimido | Instalación | | Mina | Bimensual |
| | Limpieza | | | |
| | Pintura | | | |
| | Conexiones acoples | | | |
| Adecuación y arreglo de mangueras para perforación neumática. | Instalación de acoples, conectores y abrazaderas | | Mina, patio de la mina y almacén. | Bimestral |
| Vagonetas | Limpieza | | Mina | Anual |
| | Pintura | | | |
| | Adecuación de enganches. | | | |
| Cargadores de lámparas de alumbrado minero | Revisión de carga | | Almacén | Trimestral |
| | Mantenimiento general | | Almacén | Trimestral |
| Planta eléctrica del C.N.M. | Mantenimiento general | | Caseta de la planta | Anual |

Fuente. Resultados de la investigación.

5. PROYECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

El método de explotación que se desea desarrollar en la mina se avanza por el manto 4 y es el de tajo cortó con arranque por testers con relleno, ya que este es el que más contribuye al objeto didáctico de la mina del Centro Nacional Minero. Para seleccionar este método de explotación se tuvieron en cuenta una serie de factores geológicos y geomecánicos del manto como lo son:

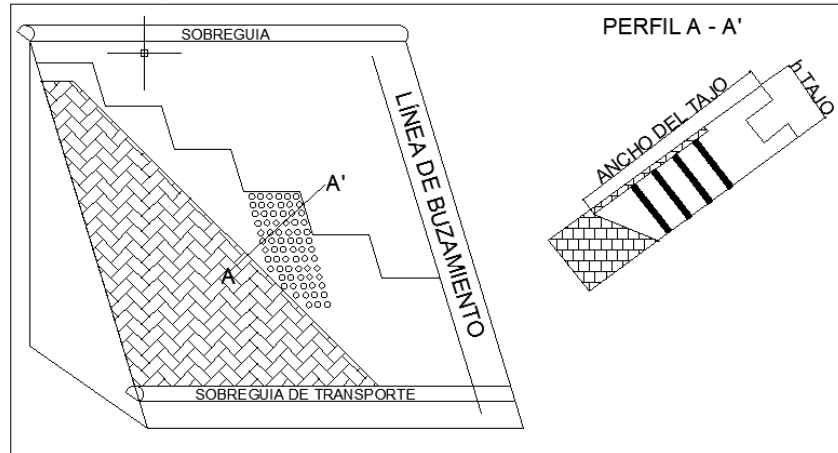
- **Espesor.** El manto 4 presenta un espesor promedio de 5.5 m. con tres intercalaciones de arcillolitas gris y limolita arcillosa parda con espesores que oscilan entre 0.15 m., 0.20 m. y 0.6 m. siendo esta la más importante ya que divide el manto a explotar en dos franjas de 2.46 m. y 2.44 m. respectivamente, arrojando un espesor explotable de 4.9 m.
- **Continuidad estructural.** el manto 4 presenta en su continuidad estructural un comportamiento regular, sin presentar muchas variaciones litoestructurales, salvo un leve adelgazamiento que sufre hacia el noreste y un curvamiento notorio por el cambio de rumbo por la falla matayeguas que es una falla de rumbo.
- **Profundidad.** La profundidad del manto 4 a la altura de la galería 3 está alrededor de 51 m. variando entre 51 y 60 m.
- **Respaldos.** El manto 4 presenta un respaldo inferior de arcillolitas gris oscuras, blandas y muy fracturadas con presencia de esporádicas capas de areniscas silíceas pardas. En el respaldo superior se encuentran arcillolitas gris claras blandas de estratificación gruesa con esporádicas capas de areniscas silíceas pardas y niveles de limolita arcillosa parda.
- **Rumbo y buzamiento.** El rumbo del manto 4 tiene un promedio de N 52° E y el buzamiento de 70° SE. Variando en 2° más o menos.
- **Presencia de agua.** en lo que refiere a la zona la presencia de agua está en un orden de 7 L/min.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN ⁹.

5.1.1 Definición del método de explotación. Tajo se utiliza para definir un método de explotación por la forma de laboreo, donde el bloque se delimita en un sentido del buzamiento por dos vías horizontales y se inicia el arranque a partir de un tambor o cualquier labor que una a las dos anteriores, hasta el límite de la explotación.

⁹ Op. Cit. 26.

Figura 19. Bloque diagrama del tajo corto con arranque por testers con relleno.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

5.1.2 Condiciones de aplicación del método. Este método puede aplicarse cuando se presenten las siguientes condiciones.

- Cuando el yacimiento sea de fuerte buzamiento.
- Se puede aplicar para cualquier tipo de mineral y con diferentes tipos de arranque.
- Se puede presentar descargue por gravedad donde el buzamiento lo permita, por tal razón se deben diseñar tolvas, teclas para que el descargue sea directo a las vagonetas.

5.1.3. Ventajas del método. Su aplicación contribuye a la formación de los aprendices, para que ellos lo implementen en las diferentes empresas mineras en donde los mantos presenten las mismas condiciones.

- Permite la máxima recuperación del yacimiento.
- El sistema presenta una buena disposición para el control y la seguridad del personal.
- Requiere de poca preparación.
- La explotación se concentra en un solo frente, máximo en dos facilitando el manejo.

5.1.4. Desventajas del método.

- Requiere alto consumo de madera.
- Se dificulta el control del frente y la línea de derrumbe.
- Ausencia de labores en roca que pueden ser suficientes en caso de necesitar relleno.
- Se requiere de un instructor calificado y con experiencia para la implementación de este método.

5.1.5. Criterio de selección del método de explotación. El diseño y la elección del método de explotación para el manto 4 de la mina didáctica del Sena, se realizó

con base en algunos parámetros, cuyo análisis debe indicar una explotación minera económica, rentable y segura, cuidando que la explotación genere el mínimo impacto, aprovechamiento de los recursos tanto mineral como humano y el óptimo impacto social de acuerdo con el objetivo del Centro Nacional Minero.

Factores técnicos, sociales y económicos.

Los criterios y orientaciones que se tienen en cuenta para escoger el método de explotación, están influenciados por una serie de parámetros que abarcan desde la geografía hasta el grado de desarrollo tecnológico, la disponibilidad económica, el recurso humano y el tiempo. Los factores a tener en cuenta son:

- El sistema de arranque se realizara por medio de martillo picador, por esta razón se hace necesario capacitar a los aprendices en esta labor.
- El sostenimiento se hará con madera, considerando su bajo precio, la fácil consecución en el mercado y el manejo.
- Este método debe permitir el tránsito o cambio a otros métodos de explotación cuando las condiciones del manto varíen o cambien en su totalidad.
- El acceso de personal y transporte de materiales debe ser seguro, fácil y cómodo.
- El método debe permitir el aprovechamiento de la gravedad y el arranque teniendo en cuenta la seguridad del personal.
- Como la mina es didáctica y de formación minera educativa, el método de explotación debe brindar seguridad al personal, realizando periódicamente la vigilancia a la ventilación, el alumbrado, atmosfera trabajo de la mina y organización en el frente de trabajo.

5.1.6. Elección del método de explotación. El método de explotación por tajo corto con arranque por testers y relleno se eligió considerando las características geológicas y características geomecánicas del manto y basándose especialmente en el objeto social del Centro Nacional Minero.

Este método brinda la seguridad para que el aprendiz desarrolle sus prácticas de arranque, sostenimiento, seguridad etc. De forma real en un ambiente de trabajo real pero en condiciones didácticas con óptimas condiciones.

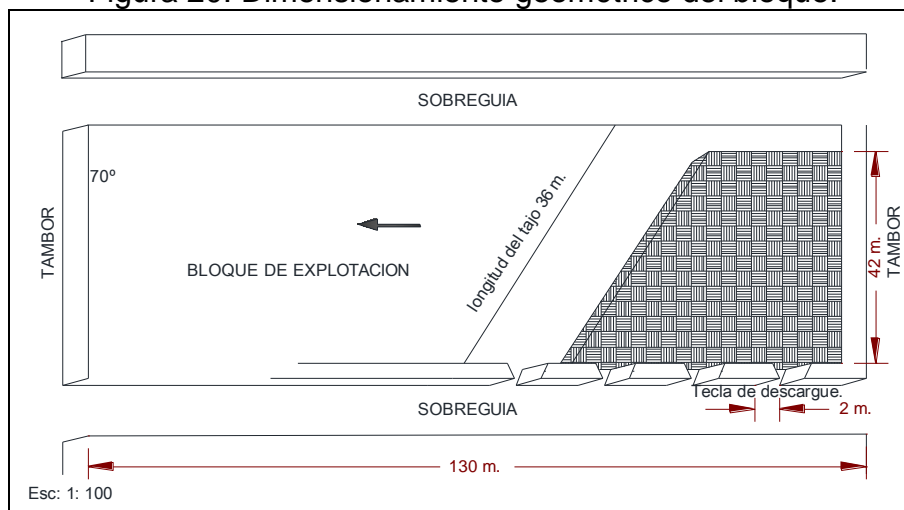
Para la proyección de la explotación es necesario recuperar el inclinado que se encuentra al final de la galería G3 Sur, el cual tiene una longitud de 15 m. y un Angulo de inclinación de 55°, avanzándolo 7 m. mas con el objetivo de llegar al límite del manto 4 para de esta forma comenzar a descender por el buzamiento hasta llegar a un machón de protección para la galería G3 de 15 m. y para de esta manera continuar con la preparación del bloque e implementar el método de explotación.

5.2 DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.

En esta parte se tienen en cuenta algunas consideraciones para el diseño y cálculo del dimensionamiento geométrico, con referencia al Angulo transversal, Angulo de sesgo, Angulo de inclinación del eje del tajo y ángulo de buzamiento del manto 4.

5.2.1 Dimensionamiento geométrico del bloque de explotación. Es la dimensión total definida para la unidad de explotación y comprende desde el tambor o labor inicial hasta el límite de la explotación. Como se mencionó anteriormente con este método se desarrollara un bloque de 42 m en el buzamiento y 130 m en el rumbo del manto (ver figura 20).

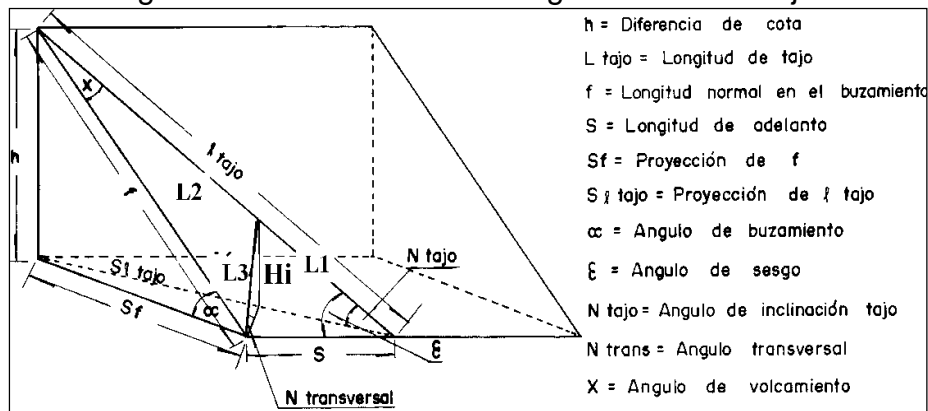
Figura 20. Dimensionamiento geométrico del bloque.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

5.2.2 Dimensionamiento geométrico del tajo. Para realizar el dimensionamiento del tajo se tuvieron en cuenta las siguientes variables con sus respectivas fórmulas.

Figura 21. Dimensionamiento geométrico del tajo.



Fuente. JOJOA MUÑOZ. Jaime William. Módulo de métodos de explotación bajo tierra. U.P.T.C.

Cuadro 15. Cálculo del dimensionamiento geométrico del tajo.

| VARIABLE A CALCULAR | FORMULA | RESULTADO |
|---|--|-----------|
| Diferencia de cota | $h = f \cdot \sin \alpha$ | 26 m. |
| Angulo de buzamiento (α) | A | 70° |
| Altura del testero (B) | Estimado | 3 m. |
| Base del testero (A) | Estimado | 3 m. |
| Hipotenusa del testero (C) | Estimado | 4.24 m. |
| Angulo de sesgo (ϵ) | $\epsilon = \arctang(B/A)$ | 45° |
| ángulo de inclinación del tajo (N tajo) | $N \text{ tajo} = \sin^{-1}(\sin \alpha \cdot \sin \epsilon)$ | 42° |
| ángulo transversal (N trans) | $N \text{ trans} = \sin^{-1}(\sin \alpha \cdot \cos \epsilon)$ | 42° |
| Angulo de volcamiento (x) | $X = \cos^{-1}(f/L_{\text{tajo}})$ | 45° |
| Longitud del tajo (L tajo) | $L_{\text{tajo}} = f / (\cos \epsilon)$ | 36 m. |
| Longitud normal de buzamiento | $f = h / \sin \alpha$ | 25.5 m. |
| Longitud de adelanto | $s = \sum A$ | 25.5 m. |
| Proyección de f(sf) | $Sf = f \cos \alpha$ | 9 m. |
| Proyección de L tajo (SL tajo) | $SL_{\text{tajo}} = L_{\text{tajo}} \cdot \cos(N_{\text{tajo}})$ | 27 m. |
| Numero de testers N° Tes. | $N^{\circ} \text{ Tes} = L_{\text{tajo}} (A^2 + B^2)^{1/2}$ | 8 |

Fuente. JOJOA MUÑOZ. Jaime William. Módulo de métodos de explotación bajo tierra. U.P.T.C.

5.3 DENOMINACIÓN DEL TAJO.

Para realizar la denominación del tajo se tienen en cuenta los siguientes parámetros.

Cuadro 16. Denominación del tajo.

| PARÁMETRO | DENOMINACIÓN |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Longitud | Tajo corto (30 – 100 m) |
| Buzamiento | Tajo inclinado (> 20°) |
| Espesor del manto a explotar | Tajo alto (> 2 m) |
| Angulo respecto a la galería | Tajo inclinado o en diagonal (<90°) |
| Sentido de arranque o avance | En retroceso |
| Medio de arranque | Semimencanizado |
| Forma de arranque | Testeros |
| Forma de descargue | Gravedad |
| Sostenimiento | Entibación |
| Medio de corte | Corte directo |
| Tratamiento al espacio vacío | Relleno |

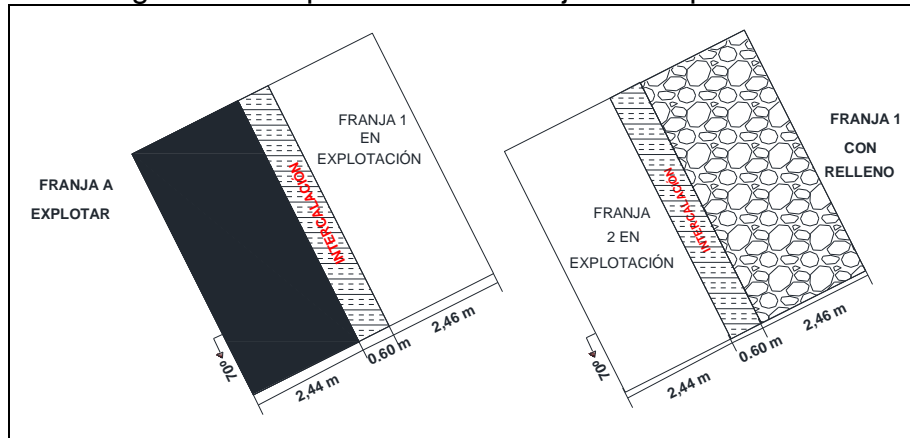
Fuente. JOJOA MUÑOZ. Jaime William. Módulo de métodos de explotación bajo tierra. U.P.T.C.

5.4 DESARROLLO DE LA EXPLOTACIÓN.

Para llevar a cabo la explotación por el método de tajo corto con arranque por testers con relleno se debe tener en cuenta la secuencia de explotación y las operaciones necesarias para la extracción del mineral.

5.4.1 Secuencia de explotación. Como el manto está dividido en dos franjas una superior de 2.44 y una inferior de 2.46 m. las cuales están separadas por una intercalación de arcillolita gris parda de 60 cm. (ver figura 22)

Figura 22. Esquema de las Franjas de explotación.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

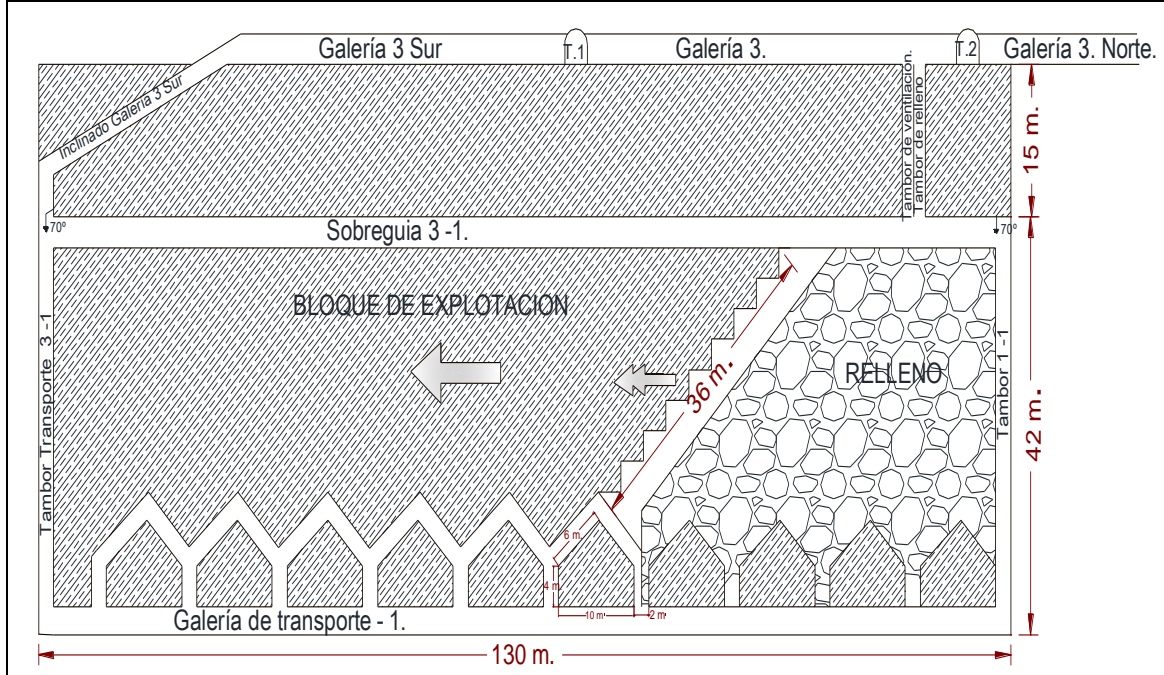
Para el desarrollo de la explotación se iniciara con la extracción en retroceso de cada una de las franjas. Inicialmente se explotara y llenara la franja superior que presenta un espesor de 2.46 m. y El sentido de arranque se realiza de norte a sur siguiendo el rumbo del manto 4.

Para iniciar la preparación del bloque de explotación se construirá un tambor (T1 – 1) el cual ira entibado con cuadros con una sección 5 m² que servirá para empezar a construir los testeros y la tolva de almacenamiento, El picador del testero más abajo debe realizar el avance sobre la guía de base hasta que la base del testero tenga longitud de 3 m. de tal manera que el testero inferior este siempre adelantado con respecto al superior, continuando así hasta que el frente este completamente escalonado.

La entibación se hará en tacos y escaleras dobles con soporte en madera los cuales servirán de apoyo al picador; cuando el espacio abierto tenga bastante amplitud debe introducirse el relleno el cual se debe depositar con un ángulo de reposo igual al ángulo de sesgo de 45° garantizando así que la línea de relleno sea paralela a la línea de los testeros y que la separación entre estas no sea muy grande para evitar que se presente sobre presiones en el frente de explotación y en los hastiales de la excavación y por consiguiente el deterioro de la entibación.

Una vez terminada la explotación de la franja 1, se procede con la extracción del mineral de la franja 2 o franja inferior como se mencionó anteriormente. Teniendo en cuenta que para la explotación de esta se debe construir nuevamente un tambor de preparación (T1 -2). En esta franja la entibación debe ser reforzada puesto que se debe garantizar el soporte del relleno que se encuentra en la parte superior.

Figura 23. Método de explotación tajo corto con arranque con testeros con relleno.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

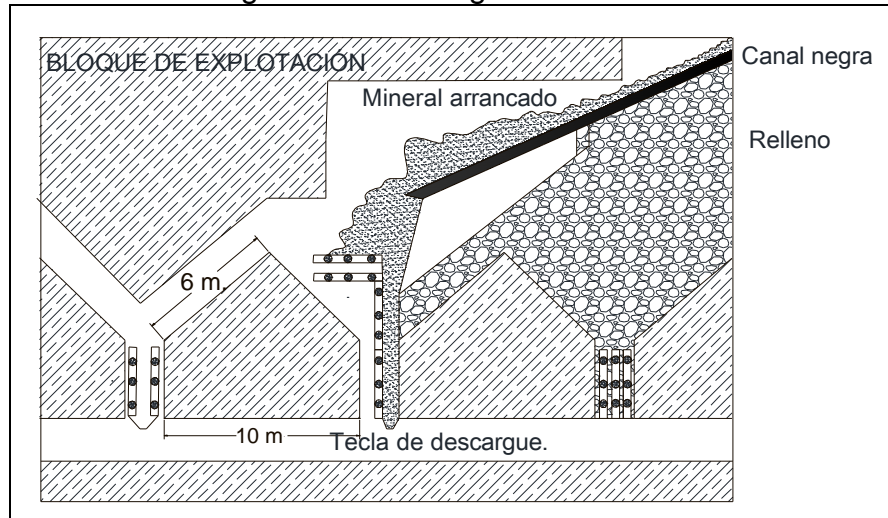
5.4.2 Arranque. Para realizar el arranque del mineral los picadores se sitúan en los diferentes testeros al abrigo de la caída del carbón arrancado de los frentes o testeros superiores.

El arranque se realizará de manera directa con martillo picador neumático, la operación del picar el carbón debe realizarse comenzando siempre por la parte superior del testero, colocando tapas para protegerse de la caída del mineral; este mismo proceso de arranque debe llevarse a cabo tanto en la franja 1 como en la franja 2.

5.4.3. Descargue. Para realizar el descargue se debe instalar una canal negra bajo la línea del testero apoyada en la entibación para dirigir la caída del carbón cuyo transporte se hace por gravedad deslizándose por esta. Esta canal llega hasta una tolva de almacenamiento de mineral que permite el descargue directo a la vagoneta.

Una vez el mineral cae al Skip desde la teclas de descargue, este es conducido por la carrilera a través de la Galería de transporte -1 hasta el tambor de transporte 3 -1 en donde se encuentra con una tornamesa que lo hace girar para que este suba por este tambor hasta llegar al inclinado de la Galería 3 Sur, una vez el mineral llega a esta labor sigue el recorrido en la transportada blindada Panser que lo lleva hasta a la banda transportadora que lo saca a superficie.

Figura 24. Descargue del mineral.

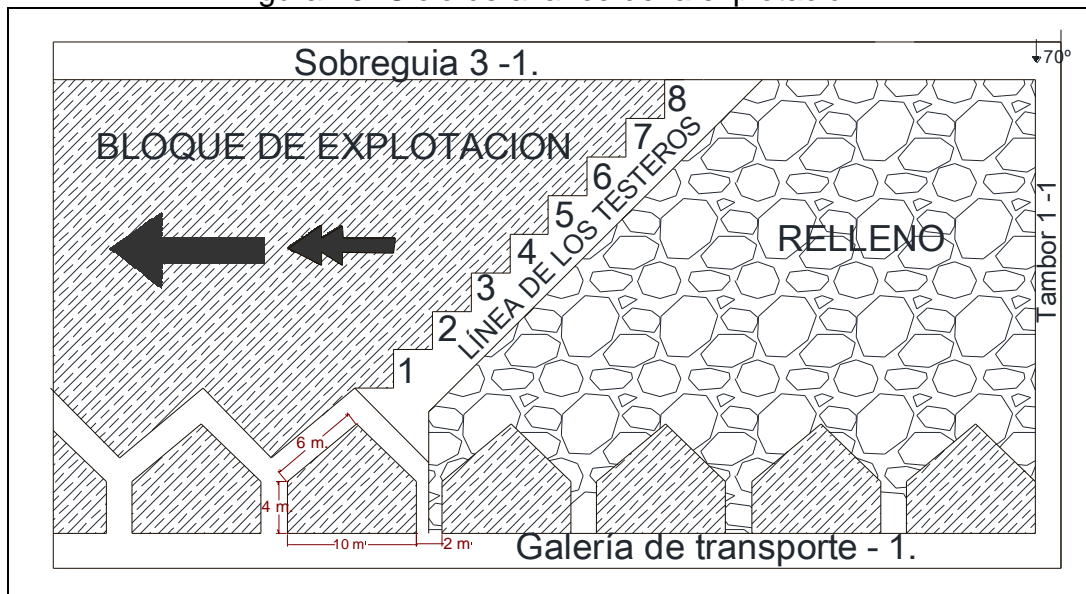


Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

5.4.4. Ciclo de avance de la explotación. Debido a las limitaciones en el avance de las operaciones en la explotación en el Centro Nacional Minero, todas las tareas o actividades necesarias para el desarrollo de la explotación se realizarán en un turno que va desde las 7:30 am hasta las 3:30 pm. (Figura 25, 26).

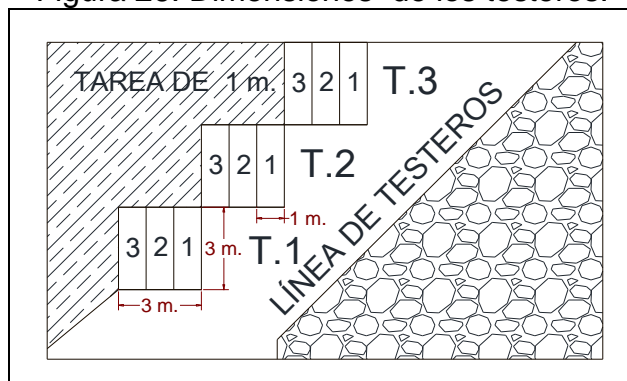
En el cual se debe cumplir una tarea de 1 m de avance en el rumbo de la explotación. Las actividades se harán de manera secuencial según se requiera en los diferentes turnos de la semana. En el siguiente cuadro se describe el ciclo de avance de la explotación.

Figura 25. Ciclo de avance de la explotación.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

Figura 26. Dimensiones de los testeros.



Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

Cuadro 17. Ciclo de avance de la explotación.

| LABOR | ACTIVIDAD | TAREA Y/O FUNCIÓN |
|-------------------------------------|---|---|
| Picada | Picar el carbón, Supervisar techos | Picar una longitud de un metro de base por 3 m de altura en el testero en un espesor de 2.44 m., para lograr una producción por testero de 9.3 ton /picada. |
| Colocar y reforzar el sostenimiento | Reforzar, colocar el sostenimiento adicional. | Arreglos generales para la colocación de los tajos, escaleras dobles y demás. |
| Traslapar y servicios varios. | Correr tuberías | Correr tuberías de aire comprimido e ingresar madera y demás materiales. |
| Rellenar | Controlar la línea de relleno. | Rellenar el espacio vacío dejado por la explotación con un ángulo de 45°. |

Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

5.4.5. Organización del frente de explotación. En el caso de la mina del SENA, la organización en el frente de explotación está relacionada con el desarrollo de los diferentes módulos de formación que reciben los aprendices, como lo son el arranque del mineral, el sostenimiento, topografía, seguridad de minas, supervisión de labores mineras como el desagüe, la ventilación, la electricidad y el transporte entre otros.

Las actividades que se van a desarrollar en un turno único de 7:30 am a 3:30 pm. Son las siguientes:

- Arranque de mineral.
- Corrida de tuberías.
- Ingreso de madera y materiales.

- Ingreso y control de relleno.

Estas actividad van estar supervisadas por el instructor y el ingeniero encargado de la mina.

5.4.6. Producción. Es la cantidad de mineral que se arranca de los diferentes frentes de explotación. También hay que tener en cuenta que hay otras producciones como las que se obtienen de las labores de desarrollo y preparación. Para realizar el cálculo de la producción se tuvo en cuenta una longitud de tajo de 123 m en el rumbo y 27 m en el buzamiento, espesor promedio del manto a explotar de 2.5 m, avance de 1 m, densidad del mineral de 1.27 ton / m³ y un total de 8 testers.

Cuadro 18. Producción del tajo.

| PRODUCCIÓN | FORMULA | RESULTADO (Ton) |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Por testero | $pt = a * B * e * \gamma$ | 9.5 |
| Por frente | $pf = N * pt$ | 76 |
| Por franja | $pfj = L.Buz * LRum * e * \gamma$ | 10.544 |
| Por bloque | $pb = pfj * 2$ | 21.088 |
| TOTAL PRODUCCIÓN | | 21.088 |

Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

5.4.7. Relleno. El relleno del espacio vacío dejado por la explotación debe ser depositado de manera uniforme sin dejar huecos o calles sin rellenar, ya que esto genera inestabilidad en la zona no rellenada dando lugar al arrastre de la entibación y el hundimiento de los hastiales. Un relleno bien realizado limita la flexión de los hastiales impidiendo una convergencia exagerada y posterior deterioro de la entibación.

Como relleno se va utilizar el material producido en la Cantera el Modern del Centro Nacional Minero de donde será extraído y transportado al patio de la mina, este será introducido por el Túnel 2 hasta la Galería G3 por medio de vagonetas desde las cuales se depositara por volqueo en el tambor de relleno. Este tambor cuenta con una tecla de descargue con el objeto de regular la caída del material a la vagoneta que está ubicada en la SG3 – 1. Una vez rellenado el espacio vacío se hace necesario compactarlo en forma manual buscando un grado de compactación de 90 % para evitar así problemas de filtración o convergencia.

Para calcular la cantidad de relleno necesaria para llenar el espacio vacío se aplicó la siguiente formula.

$$P' = \left(\frac{p}{\gamma} * K\right) * \gamma'$$

Donde:

P' = peso del relleno a utilizar

P = peso del material extraído

γ = densidad del carbón 1.27 ton / m^3

γ' = densidad del material de relleno 2.55 ton / m^3

k = factor de relleno (0.3 – 0.95) según el sistema de relleno para este caso es de 0.9.

Para una producción de 21.088 ton. de mineral es necesario tener 38.107 ton de recebo para el relleno.

5.5 SERVICIOS A LA MINA.

5.5.1. Cargue y transporte de mineral. El transporte empleado para la evacuación del carbón es un sistema no continuo que combina el Skip, transportadora blindada Panzer, la banda transportadora y tolva de almacenamiento.

El carbón picado en el tajo así como en los tambores ruedan por gravedad hasta la tolva de almacenamiento en la cual se encuentra una tecla que permite el cargue directo del mineral al Skip el cual va a circular por una carrilera hasta el tambor de transporte, en donde se encuentra con una cambiavías que lo hace girar para que este suba por dicho tambor hasta llegar a la galería 3 Sur donde se descarga a la Panzer para que esta lo lleve hasta la banda transportadora.

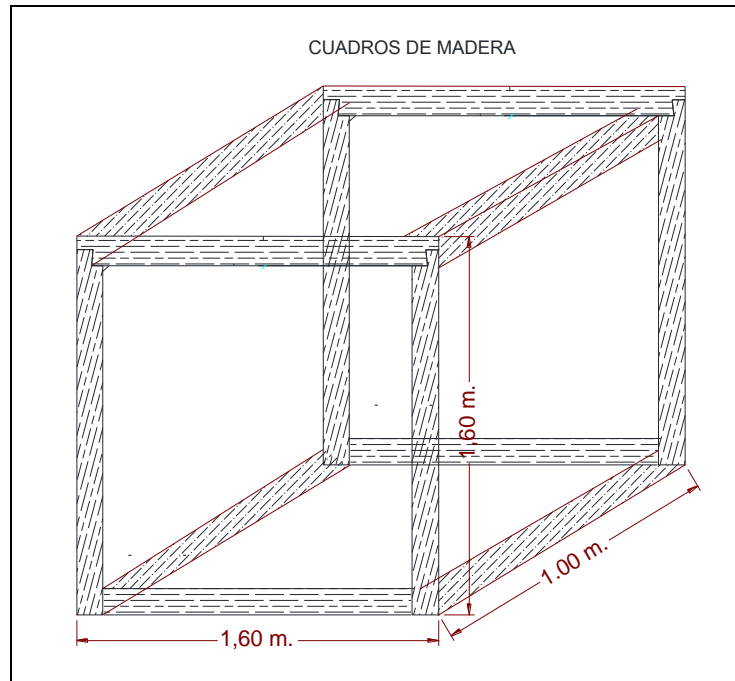
Para implementar el sistema de transporte con Skip es necesario instalar 2 malacates. El primer malacate se ubica en la G3 – Sur, con una potencia de 50 Hp y el segundo con una potencia de 40 Hp ubicado en la galería de transporte 1.

5.5.2 Sostenimiento. En las labores inclinadas el sostenimiento se hará con cuadro de madera con una separación de 1m y en las labores horizontales el sostenimiento será con arcos de acero con separación entre arcos de 0.60 m. para el sostenimiento del frente de explotación se utilizarán tacos y palancas que controlaran las presiones generadas. (ver figura 27, 28).

5.5.3 Ventilación. La mina cuenta con un sistema ventilación suficiente que permite llevar aire fresco a todos los frentes. Teniendo en cuenta que la mina es didáctica y que además recibe un gran número de visitantes se propone instalar un nuevo ventilador de 10 Hp. que llevara aire fresco al primer nivel inferior de modo que este mantenga en forma constante una corriente de aire intensa que garantice la seguridad de las personas.

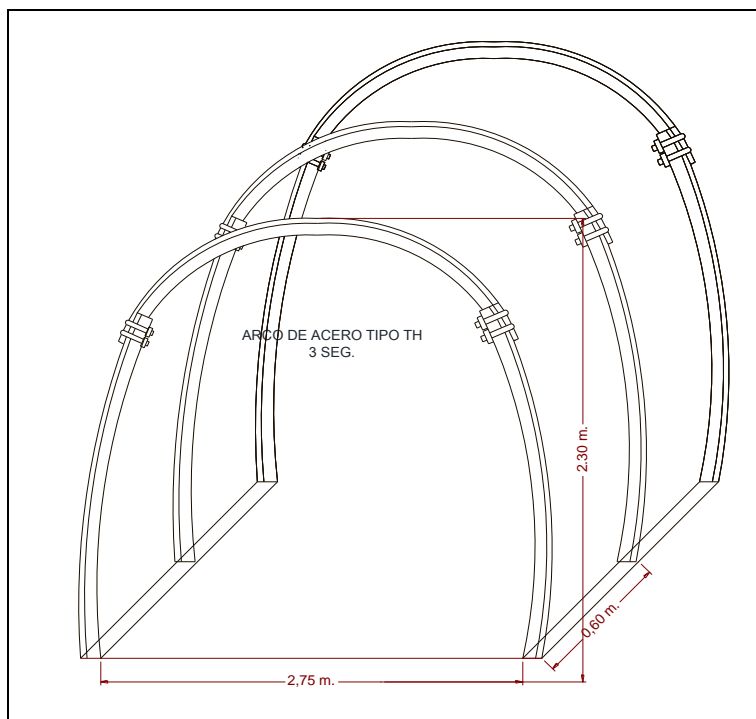
5.5.4 Aire comprimido. Para suplir las necesidades de aire comprimido en el nivel inferior se hace necesario un caudal de 25. 18 m^3 /min por lo que se requiere un compresor de 889.43 cfm. La tubería sugerida es de 3" para las vías principales y en las labores de desarrollo y preparación la tubería de 2" y en los frentes de explotación la tubería de acople para los martillos picadores de 1".

Figura 27. Dimensiones de los cuadros de madera.



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 28. Dimensiones de los arcos de acero.



Fuente. Resultados de la investigación.

5.5.5 Desagüe. El agua proveniente de los frentes de explotación se guiara hasta la galería de transporte donde por medio de cunetas será conducida a un pozo ubicado al final del tambor de donde se evacuara con una bomba de alta presión hasta la superficie. Para el cálculo del caudal se tomó como referencia la cantidad de agua desalojada por día del pozo principal en época de invierno, el cual es de 10 m³ /día. Y considerando las diferencias de cotas de 26 m. se estima que el caudal proyectado es de 15 m³ /día aproximadamente. Para evacuar el agua se va hacer uso de una bomba centrifuga de alta presión con una potencia de 24 Hp. El pozo tendrá un área de 4.375 m² Con sección rectangular de 2m * 3m * 4m

5.5.6 Iluminación. Para la instalación del alumbrado eléctrico en bajo tierra se parte de un transformador localizado en el patio de la mina y el cual suministrara un voltaje de 220 voltios. Se dispondrán lámparas cada 30 m sobre el tambor central a un costado de la vía al igual que en las sobreguias y galería de transporte, además se contara con las lámparas de seguridad personal para los visitantes que ingresen a la mina.

5.5.7 Seguridad e higiene minera. Se instalara la respectiva señalización en todas las vías con avisos reflectivos que indiquen los factores de riesgo que se pueden presentar, así como aquellos que indiquen la ruta de evacuación. Se instalaran tableros de monitoreo y control de gases en los diferentes frentes de explotación. En el caso del transporte toda vagoneta que descienda por un plano inclinado debe portar una lámpara de color rojo como señal de alerta a todo el personal que circula por la vía.

5.6 COSTOS DEL PROYECTO.

Para determinar el costo del proyecto se hace necesario tener en cuenta las inversiones existentes y las que se deben realizar como complemento para el proyecto.

Cuadro 19. Costos de la inversión.

| COSTOS DE LA INVERSIÓN A REALIZAR | VALOR |
|---|----------------------|
| costos por maquinaria y equipos | 134.212.000 |
| costos por transporte | 35.967.000 |
| costos por herramientas | 178.140.000 |
| accesorios para instalaciones de tuberías | 36.360.000 |
| imprevistos de seguridad | 36.360.000 |
| Madera | 241.623.000 |
| costos por acero | 206.976.000 |
| costos instalación de circuitos eléctricos de la mina | 165.800.000 |
| VALOR TOTAL | 1.035.438.000 |

Fuente. Planeamiento Minero Mina Didáctica Centro Nacional Minero SENA.

El costo aproximado del proyecto es de 1.035.438.000 millones de pesos, los cuales se verán justificados con la capacitación y enseñanza que se brindara a los aprendices en estas instalaciones. De igual forma se está garantizando que el estado está invirtiendo en un factor de gran importancia como es la educación y el desarrollo económico y social de la comunidad que se verá beneficiada con el desarrollo de este proyecto.

6. ADMINISTRACIÓN DE LA MINA.

6.1 SISTEMA ADMINISTRATIVO.

Como la mina del SENA es un Centro de formación y capacitación de aprendices, su máxima autoridad está en cabeza del Subdirector quien es la autoridad ejecutiva y responsable de los desarrollos que se adelantan en la mina en coordinación con el comité técnico del Centro y dirección del SENA. Toda actividad que sea propuesta debe ser sometida a consideración de un comité técnico minero para evaluar su viabilidad, para que de este modo esta sea incluida en el plan de inversiones del presupuesto del SENA el cual es asignado cada año.

La organización continua con las coordinaciones académicas, administrativas y jefatura de la mina, con base en la oferta y demanda de las tecnologías de formación y siguiendo con los planes curriculares de cada uno de los programas de formación, para de esta manera establecer el cronograma de actividades en la mina.

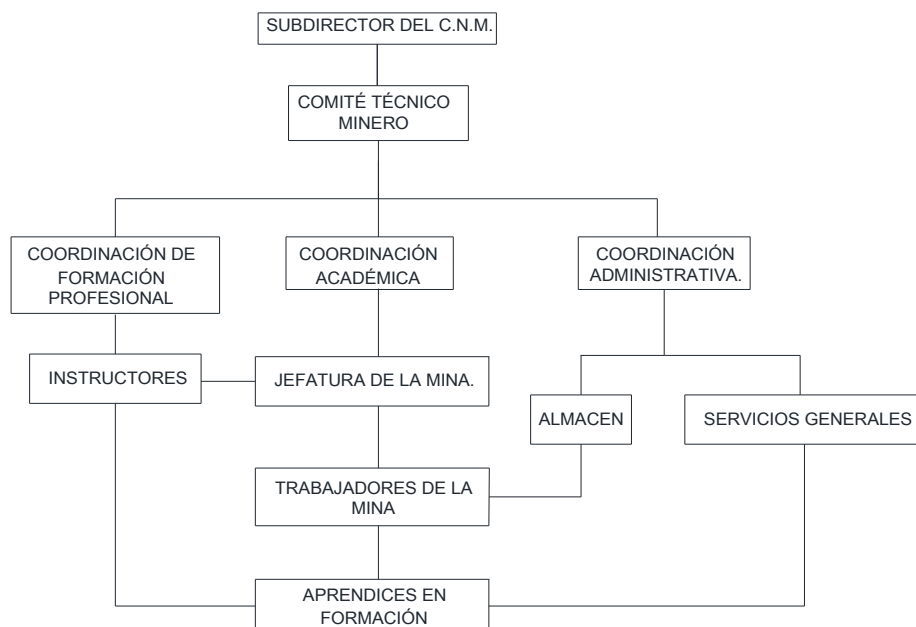
La dirección técnica de la mina está a cargo de un ingeniero de minas, el cual tendrá el apoyo de los coordinadores e instructores de las áreas de salud ocupacional, seguridad, geología, minería, mecánica, electricidad, topografía. Etc. De igual forma la mina cuenta con un personal contratado con capacitación técnica en minería.

El jefe de mina es el responsable de todo lo que pase ante el jefe del Centro, por esta razón este debe establecer los requerimientos para la operación de la mina y velar por la seguridad tanto de los alumnos, visitantes como trabajadores mineros, y presentar un informe mensual de las actividades que realiza en la mina.

Cuando un instructor desee adelantar algún tipo de práctica según su programa académico, este debe remitirse al jefe de mina quien diseña los formatos de reporte del personal y las diferentes actividades a realizar en la mina. De igual forma el instructor encargado al finalizar la práctica debe presentar un informe de las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos en esta.

En el caso de los trabajadores mineros estos deben presentar un informe semanal de las actividades realizadas día a día, resultados obtenidos e imprevistos.

6.2. ORGANIGRAMA DE LA MINA DIDÁCTICA DEL CENTRO NACIONAL MINERO.



6.3. INVERSIÓN ACTUAL DE LA MINA.

Para determinar el costo total de la mina se tienen en cuenta las inversiones que se han hecho en construcción de edificaciones, equipos, servicios a la mina y mano de obra. (ver cuadro 20)

Cuadro 20. Inversión y costo de la mina.

| DESCRIPCIÓN DE LA INVERSIÓN | VALOR TOTAL |
|---|------------------------|
| Terreno | 102.000.000.00 |
| Construcción de edificaciones | 95.000.000.00 |
| Equipos del almacén | 191.667.358.39 |
| Servicios a la mina | 575.718.263.00 |
| Modernización y mantenimiento | 585.333.062.00 |
| Imprevistos | 50.000.000.00 |
| COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN MINA | 1559.718.683.39 |

Fuente: Resultados de la investigación.

Como la mina del Centro Nacional Minero es didáctica, se contempla un plan de modernización y mantenimiento que abarca una serie de actividades que deben ejecutarse con el propósito de mantener las instalaciones de la mina en óptimas condiciones para que los visitantes y aprendices realicen sus respectivas prácticas de formación. (ver cuadro 21)

Cuadro 21. Inversión actual en la mina.

| INVERSIÓN EN LA MINA | | | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|----------------------|---------------------|--|----------|----------------|-----------------------|
| INFRAESTRUCTURA | | Terreno | 1 | 102.000.000.00 | 102.000.000.00 |
| | | Construcción de edificaciones | 1 | 95.000.000.00 | 95.000.000.00 |
| ALMACÉN | Inventario | Inv. Almacén | 1 | 191.667.358.39 | 191.667.358.39 |
| SERVICIOS A LA MINA | Sostenimiento | Consumo de madera | 1 | 20.000.000.00 | 20.000.000.00 |
| | | Arcos TH tipo 1 | 544 | 455.000.00 | 247.520.000.00 |
| | | | | | |
| | Ventilación | Ventilador principal | 1 | 10.500.000.00 | 10.500.000.00 |
| | | Ventiladores auxiliares | 2 | 5.200.000.00 | 10.400.000.00 |
| | | Ducto de 600mm de Nylon | 130 | 18.000.00 | 2.340.000.00 |
| | | Ducto de 400 mm en polietileno | 170 | 15.000.00 | 2.550.000.00 |
| | Transporte | Banda transportadora | 157 | 500.000.00 | 78.500.000.00 |
| | | Vía del riel | 500 | 25.000.00 | 12.500.000.00 |
| | | Panser | 52 | 900.000.00 | 46.800.000.00 |
| | | Malacate principal | 1 | 12.000.000.00 | 12.000.000.00 |
| | | Malacate auxiliar | 1 | 10.000.000.00 | 10.000.000.00 |
| | | Vagonetas monorriel | 1 | 2.500.000.00 | 2.500.000.00 |
| | | Vagonetas grandes | 3 | 800.000.00 | 2.400.000.00 |
| | | Tornamesa | 2 | 345.200.00 | 690.400.00 |
| | Desagüe | Bomba sumergible principal | 1 | 2.800.000.00 | 2.800.000.00 |
| | | Bomba sumergible auxiliar | 1 | 2.300.000.00 | 2.300.000.00 |
| | | Tubería de desagüe galvanizada de 2" | 250 | 62.500.00 | 15.625.000.00 |
| | | Acoples para tubería galvanizada 2" | 64 | 15.000.00 | 960.000.00 |
| | Aire comprimido | Compresor diesel | 1 | 25.000.000.00 | 25.000.000.00 |
| | | Compresor eléctrico | 1 | 25.000.000.00 | 25.000.000.00 |
| | | Tubería y accesorios de aire comprimido | 500 | 18.000.00 | 9.000.000.00 |
| | Iluminación | Red de alumbrado y accesorios | 1 | 6.770.000.00 | 6.770.000.00 |
| | | Subestaciones eléctricas cableado y accesorios | 1 | 18.562.863.00 | 18.562.863.00 |
| | Seguridad | Red de señalización y comunicaciones | 1 | 4.500.000.00 | 4.500.000.00 |
| | Tratamiento de agua | Torre de aireación. | 1 | 6.500.000.00 | 650.000.00 |
| | | | | TOTAL: | 964.385.621.39 |

Cuadro 22. Plan de modernización para la Mina.

| PLAN DE MODERNIZACIÓN | ACTIVIDAD REALIZADA | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|----------|----------------|----------------|-------------|
| TALLERES E INFRAESTRUCTURA DE LA MINA | Mantenimiento de 400 metros de carrilera ubicados en 220 m del túnel 2, 100 m en el botadero y 70 m en las galerías. Este consiste en el cambio de polines, balastro, riel, eclisas y tornillos. | 400 | M | 100.000 | 40.000.000 |
| | Revestimiento de 650 m de cuneta con placa de concreto reforzado de 0.4*0.6*0.10 m de dimensiones, con perfil trapezoidal conformado por tres placas en cada lado. | 78 | m ³ | 653.629 | 50.983.062 |
| | Reconstrucción de 6 baterías de baño y 6 duchas de 5 * 15 m. | 130 | m ² | 650.000 | 84.500.000 |
| | Reformación de gaviones en el botadero de estéril y restauración paisajística. | 420 | m ³ | 140.000 | 58.800.000 |
| | Mantenimiento de la torre de aireación del agua de la mina, reconstrucción de las bandejas, mantenimiento del tanque de sedimentación y deshidratador de lodos, reparación de 20 m de canal de revestimiento de agua. Reemplazo de piedra caliza en rajón, carbón activado y floculantes. | 1 | unidad | 30.000.000 | 30.000.000 |
| REDES ELÉCTRICAS, DESAGÜE, VENTILACIÓN Y TRANSPORTE | Mantenimiento de la estructura de la banda transportadora de 400 rodillos de soporte y 10 guías de la cinta y estructuras mecánicas de apoyo. | 157 | M | 100.000 | 15.700.000 |
| | Mantenimiento preventivo del motor eléctrico de la banda transportadora con personal especializado. | 1 | unidad | 15.000.000 | 15.000.000 |
| | Mantenimiento preventivo a los tres ventiladores protegidos antiexplosión de 10 hp y 25 hp respectivamente. | 3 | unidad | 2.250.000 | 6.750.000 |
| | Reemplazo de la red principal del sistema de desagüe de la mina con tubo galvanizado de 3" con sus respectivos accesorios. Ubicado el en pozo principal del túnel 2. | 60 | Tubo | 310.000 | 18.600.000 |
| | Adquisición de un ventilador axial de alta presión para la ventilación subterránea de 100 hp 21 cfm. | 1 | unidad | 25.000.000 | 25.000.000 |
| | reconstrucción de 8 puertas o exclusas de ventilación | 8 | unidad | 30.000.000 | 240.000.000 |
| | | | | TOTAL | 585.333.062 |

6.4. COSTO TOTAL DE LA MINA.

Abarca toda la inversión realizada en equipos de la mina, del almacén y las inversiones realizadas en el programa de modernización y mantenimiento. La mina por ser didáctica no tiene vida útil calculada, por tal razón lo que se estima es que con el paso del tiempo se realicen muchas más inversiones que contribuyan a la formación de los aprendices, Implementando nuevas tecnologías y adquiriendo equipos de mejor calidad que contribuyan a la formación teórica – practica de los estudiantes.

6.5. POBLACIÓN BENEFICIADA

La mina Didáctica del Centro Nacional Minero inicio su construcción en el año de 1985, pero fue en el año de 1990 en donde comenzó sus actividades como centro de formación y capacitación para aprendices en diferentes áreas de la minería.

La mina didáctica del SENA es única en Colombia, es una fuente fundamental del proceso de enseñanza – aprendizaje y por lo tanto es un elemento principal para la formación de futuros profesionales. La población beneficiada con este proyecto en su gran mayoría son jóvenes de bajos recursos que encuentran en este centro de formación una oportunidad de adquirir conocimiento mediante el desarrollo de diferentes actividades en varios campos que podrán en práctica una vez comiencen su vida laboral.

6.5.1 Programas de formación.

Estos programas están orientados en varios campos de aplicación en donde la población a beneficiar puede escoger según las necesidades de capacitación que esta requiera.

- Tecnólogo en control ambiental.
- Tecnólogo en química aplicada a la industria.
- Tecnólogo en topografía.
- Tecnólogo en supervisión de labores mineras.
- Tecnólogo en análisis y desarrollo de sistemas.
- Tecnólogo en sistema de gestión ambiental.
- Tecnólogo en agua y saneamiento básico.
- Tecnólogo en formulación de proyectos.
- Tecnólogo en salud ocupacional.
- Tecnólogo en obras civiles.
- Técnico en seguridad ocupacional.
- Técnico en construcción de edificaciones.
- Técnico en recursos humanos.
- Técnico en montaje y mantenimiento electromecánico de equipos
- Técnico en sistemas.
- Técnico en asistencia administrativa.

- Técnico en labores mineras
- Técnico en análisis químico de carbones y minerales.
- Técnico en manejo integral de residuos sólidos.
- Técnico en construcción de vías.
- Técnico en análisis de muestras químicas.
- Técnico en sistemas de manejo ambiental.
- Técnico en montaje y mantenimiento electromecánico de industrias
- Técnico en armado de piezas de joyería.
- Técnico en mantenimiento de equipo pesado ABC. Caterpillar.
- Técnico en perforación y voladura.
- Técnico topografía.
- Técnico manejo ambiental.
- Técnico en operación de sistemas de potabilización de agua.
- Técnico en laboratorio químico.
- Técnico en operación de maquinaria pesada para excavación.
- Técnico en operación de camión minero.

6.5.2 actividades que desarrollan

El desarrollo de las actividades depende en gran parte del cronograma de prácticas que se maneja en la mina didáctica, en el cual se clasifican las actividades según el programa de formación. Estas actividades siempre están supervisadas por el ingeniero encargado de la mina y del instructor quienes se encargan de orientar a los aprendices.

6.5.2.1. Actividades desarrolladas en el patio de la mina.

- Adecuación de talleres de mantenimiento mecánico.
- Mantenimiento del malacate.
- Mantenimiento en la planta de tratamiento de agua.
- Reubicación de madera usada.
- Clasificación de chatarra.
- Adecuación de polines.
- Corte de madera para el sostenimiento.
- Mantenimiento de carrilera de descargue.
- Mantenimiento de vías en superficie.
- Recuperación ambiental.
- Muestreo de agua de la mina en la planta.
- Mantenimiento y limpieza del tanque de sedimentación.
- Levantamiento de topografía.
- Seguridad industrial y salud ocupacional.

6.5.2.2. Actividades desarrolladas en túnel 1 y túnel 2.

- Mantenimiento de cunetas.
- Rebaja del piso.
- Mantenimiento del sostenimiento.
- Mantenimiento del sistema de ventilación.

- Mantenimiento del alumbrado.
- Mantenimiento de la banda transportadores.
- Mantenimiento del riel.
- Mantenimiento de la señalización.
- Mantenimiento de la red de aire comprimido.
- Cambio de forro en los salvavidas.
- Muestreo de agua en el pozo de almacenamiento.
- Control a la atmosfera de trabajo.
- Inspección de seguridad en el pozo de bombeo.
- Instalación de bomba auxiliar.
- Verificación de la Señalización del bozo de bombeo.
- Mantenimiento al equipo de bombeo.
- Mantenimiento de tuberías y accesorios del sistema se desagüe.

6.5.2.3. Actividades desarrolladas en galerías y trasversales.

- Inspección y control de seguridad.
- Mantenimiento de cunetas.
- Rebaja de piso
- Mantenimiento del sostenimiento.
- Mantenimiento del alumbrado
- Mantenimiento de la red de aire comprimido.
- Actualización de topografía
- Mantenimiento al sistema de ventilación.
- Perforación y voladura en los frentes en roca.
- Arranque en frentes de carbón.
- Cargue y transporte de estéril.
- Cargue y transporte de mineral.
- Análisis geológico de los mantos.
- Muestras en mantos.
- Nivelación de pisos
- Recuperación de vías.
- Acciones de seguridad y salvamento minero.
- Instalación de barreras de polvo.

6.5.2.4. Actividades desarrolladas en tambores y diagonales.

- Mantenimiento en el sostenimiento
- Mantenimiento en la ventilación.
- Control de seguridad de la atmosfera de trabajo.
- Actualización de topografía.
- Muestreo de mineral en frentes.
- Arranque de mineral con martillo picador.
- Arranque del mineral con pico y pala.
- Descargue del mineral.
- Mantenimiento de teclas de almacenamiento y tambores
- Instalación de sostenimiento en frentes.

7. EVALUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

La mina Didáctica del Centro Nacional Minero cuenta con su respectiva licencia ambiental, otorgada mediante la resolución 0031 del 6 de noviembre del año 2009 por CORPOBOYACA y la cual se encuentra vigente a la fecha.

Para la valoración ambiental el Centro Nacional Minero SENA, lo que se busca es identificar, caracterizar y evaluar la magnitud de los impactos que se están generando alrededor de la mina Didáctica, con el fin de formular una gestión ambiental encaminada a prevenir, mitigar y compensar cada uno de los aspectos negativos del proyecto en materia ambiental. En la mina didáctica del SENA dentro de la dimensión ambiental se consideran los siguientes aspectos.

Físico

- Agua
- Aire
- Suelo

Biológico

- Flora
- Fauna
- Ecosistemas

Social

- Población
- Cultura
- Aspectos socio-económicos
- Estética y calidad del paisaje.

Considerando lo anterior, se estableció una matriz de identificación de impactos en donde se identifican los diferentes impactos y se clasifican en: negativos, positivos y negativo poco importante según la actividad que se desarrolle ya sea en bajo tierra o en superficie. Una vez identificados los componentes del medio más afectado se formulan las estrategias para prevenir, mitigar y compensar el entorno afectado por la actividad minera del Centro Nacional Minero.

7.1. IMPACTOS AMBIENTALES Y CORRECTIVOS APLICADOS

7.1.1. Físicos.

Agua. Las actividades que se desarrollan en el Centro Nacional Minero y que causan mayor impacto en este recurso son especialmente aquellas que se relacionan con la actividad minera, como lo es el drenaje y la disposición de material estéril y mineral que época de lluvia permiten que se arrastre partículas finas hacia los afluentes más cercanos alterando notoriamente la calidad de agua. Las

actividades que se desarrollan en las aulas, talleres, laboratorios, oficinas y restaurantes generan un menor grado la afectación del recurso hídrico.

Para mitigar estos impactos el Centro Nacional Minero ha implementado una serie de actividades encaminadas a la conservación y tratamiento del recurso. En el caso de la mina se diseñó una torre de aireación que permite tratar el agua que sale de la mina con los procesos de aireación, filtración, floculación y sedimentación de partículas antes de realizar el vertimiento a la quebrada las Torres. Actualmente la disposición del material estéril y mineral que sale de la mina producto de las prácticas de los aprendices se realiza en tolvas de almacenamiento, impidiendo la escorrentía hacia los afluentes. De igual forma para tratar el agua residual producto de las actividades en superficie se instalaron varios tanques o pozos sépticos en diferentes zonas y se desarrollan campañas de razonamiento del recurso.

Suelo: la contaminación y transformación de suelo se produce principalmente por el drenaje y la disposición de material y mineral. Estas acciones actúan en forma directa en el recurso cuando se producen las precipitaciones que arrastran elementos contaminantes como el hierro.

Para el caso del drenaje se construyó un sistema de cunetas con placas de concreto en forma trapezoidal que recoge el agua que se filtra por las labores mineras y las lleva hasta el pozo de almacenamiento, con este sistema se logra la captación de un volumen de agua considerable evitando así que esta se filtre al suelo y genere mayor afectación.

Aire: este recurso se ve afectado principalmente por la perforación y voladura, el descargue del mineral en la tolva de almacenamiento que generan material particulado alterando la atmosfera de trabajo. De igual forma se ve alterado por el transporte de personal que con el paso de los vehículos permite la emisión de polvo en las vías afectando no solo al recurso sino también la salud de las personas. Para mitigar estos impactos se hace uso del agua para humedecer las vías y el mineral extraído con el propósito de minimizar el contenido de material particulado.

7.1.2. Factores Biológicos.

Flora, fauna y ecosistema: debido a las actividades que se desarrollan tanto en la mina como la infraestructura del Centro Nacional Minero, el factor biológico ha sufrido un cambio notorio, sumando a este que alrededor del perímetro de C.N.M. se desarrollan actividades relacionadas con la minería que contribuyen a la afectación del medio en forma general.

En el caso de la vegetación la superficie alterada es alta aunque se conservan grandes zonas de pastizales. De igual forma es posible observar algunas especies nativas como plantaciones de eucalipto.

La fauna se ve afectada en gran parte por el drenaje y vertimiento a la quebrada las Torres y el ruido de la maquinaria que alteran el hábitat de los animales haciendo que estos emigren.

El paisaje presenta un impacto paisajístico muy marcado debido a la inducción de las actividades que se está desarrollando en este centro de formación y que no es propia de la zona, como es el caso de la infraestructura.

Para mitigar estos impactos el C.N.M. dentro de su área de formación está vinculando aprendices en el área de Control ambiental que se encargan junto con los instructores de crear campañas de conservación del medio buscando siempre la recuperación de las zonas afectadas y en especial el botadero de la mina que es el que actualmente se encuentra más afectado.

7.1.3. Factor Social. En este aspecto es en donde más se evidencia los impactos positivos de la actividad que se desarrolla en la mina Didáctica del SENA, rescatando tres impactos principales como son la generación de empleo, la formación y aumento en la cobertura del nivel educativo de la población y la afectación a la comunidad en forma general que en este caso es positiva.

Estos tres aspectos están sujetos a la misión del SENA que es la de garantizar la formación profesional integral del trabajador colombiano para que este se incorpore y realicen actividades productivas que generen desarrollo social, tecnológico y económico en el país.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

| COMPONENTE | SUBCOMPONENTE | FCTOR AMBIENTAL | ACTIVIDAD EN BAJO TIERRA | | | | | | | | | | ACTIVIDAD EN SUPERFICIE | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|---------|-------------|--|------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|--|
| | | | PERFORACIÓN Y VOLADURA | ARRANQUE DE MINERAL | CARGUE Y TRANS. DE ESTÉRIL | CARGUE Y TRANS. DE MINERAL | SOSTENIMIENTO | DESAGÜE | VENTILACIÓN | SERVICIOS (AGUA, LUZ, AIRE COMPRIMIDO) | DISPOSICIÓN DE ESTÉRIL | ACOPIO DE MINERAL | LABORES EN AUJAS Y TALLERES | RECREACIÓN Y DEPORTE | MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES | TRANSPORTE DE PERSONAL | SERVICIO DE RESTAURANTE | LABORES DE OFICINA | BAÑOS Y DUCHAS | |
| FISICOS | GEOLÓGICO | Litología | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Recursos minerales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Geotecnia | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GEOMORFOLÓGICO | Morfología | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Superficie alterada | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Equilibrio geotécnico | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AGROLOGICO | Tipos de suelo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Compatibilidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ecosistemas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Cont. Metales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CLIMA | Usos del suelo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Modificación de la calidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presión sonora | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Viento | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Material particulado | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HIDROGRÁFICO E HIDROLÓGICO | Confort climático | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Drenaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Escorrentía | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Aguas subterráneas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FÍSICO - QUÍMICOS DE AGUA | Forma del lecho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calidad del lecho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Color | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ph | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Solidos suspendidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DBO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DQO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hierro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Superficie alterada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BIÓTICOS | FLORA FAUNA | Pastales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Abundancia | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Lugares sensibles | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Cadena trófica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Calidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PAISAJE | PAISAJE | Cuenca visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Elementos del paisaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Unidades del paisaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fragilidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Alcance visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOCIOECONOMICOS | ECONÓMICO | Generación de empleo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Uso del suelo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Expectativas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nivel de vida | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DEMOGRÁFICO | Mitigaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Población beneficiada | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Población afectada | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SERVICIOS PÚBLICOS Y SOCIALES | Salud | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nivel educativo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CULTURAL | Cobertura de servicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Historia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Afectación comunitaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| | Impactos negativos importantes |
| | Impactos positivos |
| | Impactos negativos de poca importancia |

CONCLUSIONES

- ✓ La mina Didáctica del Centro Minero por ser única en el país y que está dedicada a la formación teórica – práctica de aprendices en el sector minero, debe cumplir con todas las exigencias que realice la Agencia Nacional Minera para garantizar la formación profesional e integral de los trabajadores.
- ✓ Los servicios y sistemas con los que cuenta la mina están en condiciones aceptables, que de una u otra forma brinda seguridad a los aprendices al momento de realizar las actividades. De igual forma se pueden evidenciar claramente sus características principales y el caso del sostenimiento evidenciar las diferentes formas que existen para mantener estable las labores.
- ✓ La mina Didáctica del SENA actualmente está en etapa de preparación, en donde el avance de las labores está sujeto a las diferentes prácticas que realizan los aprendices en sus diferentes módulos de formación y en donde el personal técnico se encarga únicamente de las actividades de seguridad, recuperación y mantenimiento de las vías.
- ✓ Aunque en la mina no existe un método de explotación, a futuro se desea implementar el de tajo corto con arranque con testeros con relleno, el cual brinda todas las garantías para que los aprendices realicen sus prácticas en un medio de trabajo real pero didáctico.
- ✓ En la mina didáctica del SENA se plantea la necesidad de realizar más inversiones con el fin de garantizar la formación de aprendices y aún más teniendo en cuenta que la vida útil de la mina no se calculó por sus reservas de mineral en los mantos sino por su objeto social que es el de impartir formación a la población.
- ✓ Actualmente la mina está avaluada por más de 1500.000.000. millones de pesos, los cuales se ven reflejados en la cantidad de aprendices que han realizado su capacitación en esta aula de formación en diferentes programas técnicos y tecnológicos.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la visión del Centro Nacional Minero que es la de continuar con la formación profesional de aprendices y capacitación a empresas mineras por medio de la formación por competencias, la innovación, el desarrollo tecnológico, la investigación y la responsabilidad social, se hace necesario considerar una serie de aspectos que al ser ejecutados servirán para complementar dicha labor.

La mina del SENA por ser considerada única en Colombia adquiere gran importancia no solo a nivel regional sino nacional, de ahí la necesidad de mantener actualizada la mayor parte de la información en la biblioteca de este Centro de formación, con el fin de que los aprendices y personas interesadas tengan a la mano la realidad en la que se encuentra la mina.

Realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de forma constante, con el fin de evitar contratiempos en la formación de los aprendices y de igual forma para contemplar la necesidad de reemplazar aquellos que ya cumplieron su vida útil o que son obsoletos para la actividad de formación.

Considerando los avances tecnológicos y las características didácticas de la mina sin vida útil calculada, se plantea la necesidad de invertir en maquinaria, equipos y herramientas de última tecnología que vayan con la actualidad del sector minero y que garanticen la formación de futuros profesionales en el campo de la minería.

Dentro de las instalaciones de la mina se recomienda terminar con la construcción de la canaleta para el desagüe en las galerías G2, G3 – Sur, G3 – Norte y en especial en la transversal Sur en donde las filtraciones de agua son considerables.

Realizar la recuperación de la zona en donde se encuentra ubicado el botadero de la mina, ya que con el paso del tiempo la acumulación de material está generando el deslizamiento del mismo hacia la quebrada que las Torres, ocasionando la contaminación de la misma.

Realizar el mantenimiento constante a la planta de beneficio del agua, ya que la acumulación de lodos está haciendo que el tratamiento sea deficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUDELO Juan, PULIDO, Víctor. Manejo operativo de la mina didáctica del Centro Nacional Minero SENA. Sogamoso. Monografía UPTC. Ing. de minas 1992.
- CONTRERAS, Gloria. Informe geológico Mina Didáctica Centro Nacional Minero. 2007.
- FISCALIZACIÓN INTERNA, Mina Didáctica Centro Nacional. SENA. Informe evaluación documental. 2013.
- INFORMES MENSUALES, Mina Didáctica Centro Nacional. Folio 2. Agencia Nacional Minera. Sogamoso.
- IZASA, Enrique, SUAREZ Luis A. informe Análisis, seguridad y mantenimiento de la maquinaria en la mina didáctica del SENA. C.N.M. 1992.
- JOJOA M, Jaime. Módulo de métodos de explotación bajo tierra. UPTC. 2004.
- MEJIA, M Y MONROY E. Aplicabilidad del método de explotación por cámaras y pilares en la mina didáctica del SENA. Monografía UPTC. Ing. geológica 1996.
- MORENO, Planeamiento minero de la mina didáctica del SENA. Monografía UPTC. Ing. De minas 1991.
- NIÑO.W.SANDOVAL L. Estudio geológico ambiental y caracterización de los carbones para la mina didáctica del SENA. Sogamoso. Monografía UPTC. Ing. Geológica. 1994.
- SENA. Programa de trabajos e inversiones (P.T.I.) Mina didáctica. Centro Nacional Minero. 2001.
- ----- Programa de trabajos y obras (P.T.O) Mina Didáctica Centro Nacional Minero 2009.
- STOCES, B. Crítica y elección de los métodos de explotación en minería. Ed. Omega, s.a. casanova, Barcelona. Pag. 182.

Anexos